Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Muntatge i programació d'un robot mòbil amb quatre rodes motrius

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial Especialitat en Electrònica Industrial

AUTOR: Miquel Medico Salsench

DIRECTOR: Albert Oller Pujol

DATA: 11 de juny de 2012

Índex

1. Índex general..... 2
2. Memòria descriptiva..... 5
2.1. Objecte del projecte..... 5
2.2. Antecedents..... 5
2.3. Titular..... 6
2.4. Introducció..... 7
2.4.1. Història robot mòbil..... 7
2.4.2. Aplicacions de la robòtica..... 8
2.4.3. Classificació dels robots mòbils..... 8
2.4.4. Morfologia dels robots amb rodes..... 8
2.5. Robot San Bernardo V3..... 12
2.6. Arquitectura hardware..... 15
2.6.1. Components hardware..... 15
2.6.2. Connexions hardware..... 16
2.6.3. Selecció components..... 17
2.6.3.1. CPU..... 17
2.6.3.2. M4..... 22
2.6.3.2.1. Característiques..... 22
2.6.3.2.2. Funcionament..... 25
2.6.3.3. Memòria..... 27
2.6.3.4. Motors..... 29
2.6.3.5. Router..... 33
2.6.3.5.1. Configuració..... 37
2.6.3.6. Càmera..... 37
2.6.3.7. GPS..... 39
2.6.3.8. Acceleròmetre..... 43
2.6.3.9. Bateria..... 47
2.6.3.10. PCB..... 50
2.6.3.11. Interruptor seleccionador..... 54
2.6.3.12. Paro d'emergència..... 56
2.6.3.13. Ventilador..... 56
2.6.3.14. Sistema de tracció..... 57
2.6.4. Distribució components..... 60
2.6.4.1. Distribució original..... 60
2.6.4.2. Problemes..... 62
2.6.4.3. Modificacions..... 64
2.7. Software del robot..... 67
2.7.1. Software del motor..... 67
2.7.1.1. Comunicació..... 67
2.7.1.2. Paquet d'instrucció..... 68
2.7.1.3. Paquet d'estat..... 69
2.7.1.4. Control..... 70

2.7.1.5. Límits del motor..... 72
2.7.1.6. Realització dels paquets..... 73
2.7.1.6.1. Llegir dades..... 73
2.7.1.6.2. Escriure dades..... 74
2.7.1.6.3. Registre d'escriptura..... 74
2.7.1.6.4. Acció..... 75
2.7.1.6.5. Ping..... 75
2.7.1.6.6. Reset..... 75
2.7.1.6.7. Sincronització d'escriptura..... 76

2.7.2. Software de l'acceleròmetre..... 77
2.7.2.1. Funcionament..... 77
2.7.2.2. Adaptador USB..... 77
2.7.2.3. Programació microcontrolador..... 78
2.7.3. Software del GPS..... 81
2.7.3.1. Protocol NMEA 0183..... 81
2.7.3.2. Adaptador USB FTDI 232R..... 82

2.8. Procés de muntatge..... 82
2.8.1. Muntatge hardware..... 82
2.8.2. Cablejat..... 88
2.8.3. Temps de muntatge..... 97
2.9. Posta en marxa..... 98
2.9.1. CPU..... 98
2.9.2. Càmera..... 99
2.9.3. Motors..... 101
2.9.4. Acceleròmetre..... 102
2.9.5. GPS..... 106
2.10. Manual d'usuari..... 109
2.11.Pressupost robot 112
2.11.1. Pressupost prototip..... 112
2.11.1.1. Preu components electrònics..... 112
2.11.1.2. Preu components mecànics..... 113
2.11.1.3. Preu treballs realitzats..... 114
2.11.1.4. Pressupost general..... 114
2.11.2. Pressupost d'una producció de 1000 unitats..... 114
2.11.2.1. Preu t components electrònics..... 115
2.11.2.2. Preu components mecànics..... 116
2.11.2.3. Preu treballs realitzats..... 117
2.14.2.4. Pressupost general..... 117

3. Conclusions..... 119
4. Bibliografia..... 120
Annex..... 122
A 1. Manual connexions PCM-9562..... 122
A 2. Protocol NMEA 0183..... 127

A 2.2. Missatges de sortida..... 127
A 2.2.1. Data de referència, DTM..... 128
A 2.2.2. Establir data, GGA..... 128
A 2.2.3. Posició geogràfica, GLL..... 128
A 2.2.4. Activació satèl·lits, GSA..... 129
A 2.2.5. Visualització satèl·lits, GSV..... 129
A 2.2.6. Mínims recomanats, RMC..... 129
A 2.2.7. Velocitat i rumb, VTG..... 130
A 2.2.8. Data i temps, ZDA..... 130
A 2.3. Missatges d'entrada..... 130
A 2.3.1. Informació de la configuració, GETCONFIG..... 131
A 2.3.2. Establir la configuració, CONIG..... 131
A 2.3.3. STOP..... 132
A 2.3.4. SLEEP..... 132
A 2.3.5. Missatge d'error..... 133
A 3. Característiques router RB 433..... 134
A 4. Manual d'instal·lació ràpida de la càmera..... 135
A 5. Manual motor RX-64..... 138

2. Memòria descriptiva.

2.1 Objecte del projecte

Amb la realització d'aquest projecte es pretén muntar la tercera versió del robot mòbil San Bernardo (SBv3) seguint les especificacions tècniques de cada component proporcionades pels respectius fabricants.

El següent objectiu d'aquest projecte després de tenir el robot muntat, consisteix en realitzar tests dels components i una posta a punt general, així com proves reals de moviment per verificar-ne el correcte funcionament. I per acabar, es realitzarà documentació tècnica.

2.2 Antecedents

Aquest robot té 2 antecessors, aquesta és la versió 3 del robot mòbil San Bernardo. Totes les versions han estat creades per l'empresa M-BOT, les tres versions tenen molts punts en comú, però alhora moltes diferències ja que l'objectiu en cada nova versió ha estat contrarestar les deficiències de l'anterior robot.

El robot San Bernardo V1, estava compost per quatre rodes d'uns 12 cm de diàmetre amb pneumàtics tot terreny, el robot disposava d'un sistema de suspensió format per quatre amortiguadors independents que juntament amb la tracció a les quatre rodes de que disposava el robot. Per a la direcció disposava d'un servomotor aplicat a les rodes davanteres. Respecte a la part electrònica del robot, aquest disposava d'un router, un driver de potència per controlar els motors, una CPU, un convertidor d'alimentació, un acceleròmetre de tres eixos, una càmera IP i una bateria per alimentar tots els components del robot.

Figura 2.2.1 imatge del SBv1

Respecte a la versió San Bernardo V2, cal a dir que a cop d'ull semblen el mateix robot, però en realitat no és així, s'hi han incorporant petites reformes que fan canviar per complet l'estructura del robot. Aquestes reformes principalment es troben en el sistema de tracció, aquesta nova versió disposa de quatre motors, un per a cada roda, proporcionant una tracció 4x4 síncrona. A més, aquests motors incorporen una protecció que els protegeix de l'aigua i de possibles cops. L'altre reforma que s'hi ha fet ha estat en la càmera IP, s'ha substituït l'anterior càmera per una de més sofisticada, i s'ha canviat la protecció de la càmera que incorporava l'anterior versió.

Figura 2.2.2. Imatge del robot SBv2

Aquestes dues versions són les que han donat forma a la tercera versió del robot mòbil San Bernardo V3. Aquestes versions anteriors són molt importants per entendre aquesta nova versió.

2.3 Titular

Aquest projecte final de carrera ha estat realitzat per en Miquel Medico Salsench, amb DNI 77835783-B per a l'empresa M-BOT SOLUTIONS SL i sota la direcció d'Albert Oller i Pujol, professor del departament d'Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica (DEEEA) de la Universitat Rovira i Virgili.

2.4. Introducció

2.4.1. Història del robot mòbil

El terme "robot" va ser conegut l'any 1921 a través de l'obra de teatre "Rossum's Universal Robots" de l'escriptor txec "Karel Čapek", ho va fer a través de la paraula txeca "robbota" que significa servitud o treball forçat. Tot i què en una breu carta escrita a l'editorial del Diccionari d'Oxford, Karel atribueix al seu germà Josef la creació d'aquest terme.

El primer autòmat conegut és al segle IV abans de Crist, fet pel matemàtic grec Arquites de Tarento que va construir una au mecànica que funcionava amb vapor. També l'enginyer Herón d'Alexandria (10-70 d.C) va crear diversos dispositius automàtics que els usuaris podien modificar. Més tard, l'any 1088 l'estudiós xinès Su Song va aixecar una torre de rellotge amb figures mecàniques que donaven les campanades de les hores.

Es van seguir creant molts autòmats però la robòtica tal i com la coneixem actualment neix als anys 50 amb l'aparició de la cibernètica tot i que fins que no apareix el microprocessador no s'avança ràpidament. Un dels grans invents d'aquesta època, va ser construït per en Grey Walter que va construir vuit tortugues amb un fototub com a ull capaces de moure's al voltant d'una llum que transforma en energia elèctrica per emmagatzemar en un acumulador que té dins. Un cop està carregada s'allunya de la llum.

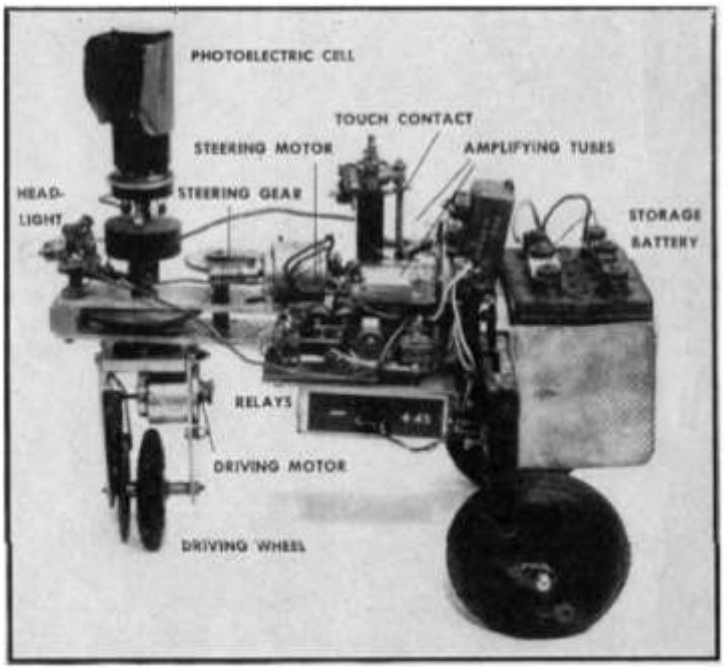


Figura 2.4.1. Tortugues de Grey Walter

Per a poder trobar el primer robot mòbil capaç de prendre les seves pròpies decisions, hem d'anar a l'any 1969 on un equip d'investigació d' Stanford va crear a Shakey. Era una capsa quadrada, amb una càmera de televisió, un telèmetre i una antena de ràdio. Utilitzava programes per percepció, modelat e interpretació de les imatges captades per la càmera.

Actualment el concepte de robòtica inclou els sistemes mòbils autònoms, capaços de sortir per sí mateixos en entorns desconeguts i sense necessitat de supervisió humana.

2.4.2. Aplicacions de la robòtica.

S'espera que a mesura que passen els anys cada vegada tinguem més robots entre nosaltres, això és degut a que els robots s'estan abaratint i reduint les dimensions.

La robòtica s'aplica en quasi tots els àmbits però en destacarem els més importants:

- Investigació. Són eines útils per l'assaig d'algoritmes, tècniques d'intel·ligència artificial, mètodes de desplaçament, etc.
- Medicina. Aquest camp ha estat envaït per la robòtica, i ha obtingut bons resultats. Un exemple és l'operació per control remot mitjançant braços mecànics.
- Llar. Cada vegada més es tenen cases intel·ligents i aparells robotitzats que faciliten la feina domèstica.
- Entreteniment. Aquest camp és extens, ja pot anar des dels robots dels parcs d'atraccions, fins a les joguines.
- Espai. Són molt utilitzats els robots en aquest àmbit, ja que a diferència dels humans no necessiten aliment, ni oxigen. A més poden treballar en zones perilloses on la vida d'una persona podria ocórrer risc.

2.4.3. Classificació dels robots mòbils

Dividim els robots en funció del control de moviment i en funció del medi en el que actuen. En funció del moviment:

- Autònoms. Són els robots que ells mateixos són capaços de prendre les seves pròpies decisions.
- Teledirigits. Són els que necessiten ajut d'un humà per a prendre les decisions.

En funció del medi tenim:

- Terrestres. Qualsevol tipus de robot que es mou per el medi terrestre, ja sigui per rodes, cadenes, etc.
- Aeris. Robots aeris, que principalment són utilitzats per investigacions militars.
- Aquàtics. Robots impulsats dissenyats per explorar, observar i recol·lectar mostres del fons marí.
- Espacials. Serveixen per estudiar, fotografiar i agafar mostres de l'espai exterior.

2.4.4. Morfologia dels robots amb rodes

En funció de la distribució de les rodes i del nombre de rodes, tenim diverses variants: diferencial, tricicle, Ackerman, rodes síncrones, tracció omnidireccional i Skid Steer

Configuració diferencial.

Aquesta configuració, consta de dues rodes situades en un eix perpendicular a la direcció del robot. Aquestes dues rodes estan dotades de motors independents, de tal forma que per a girar el robot només fa falta una variació de velocitat entre les dues rodes. El problema d'aquesta configuració és mantindre l'horitzontalitat del robot, és per això que normalment s'ajuda amb alguna altra roda com a punt de suport.

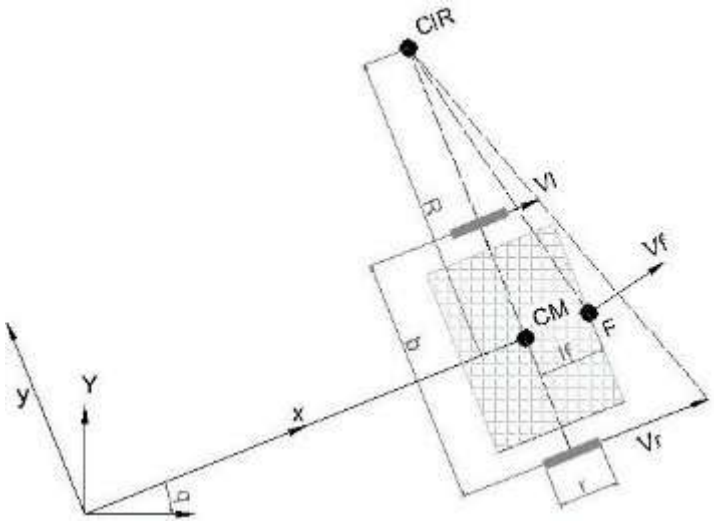


Figura 2.4.2. Esquema configuració mode diferencial

Configuració en tricicle

En aquesta configuració, el robot conté tres rodes, però és la roda davantera l'encarregada de la tracció però també de la direcció. L'únic inconvenient amb aquest sistema, és que pot presentar inestabilitat en terrenys irregulars, ja que en una pujada, el centre de gravetat tendeix a desplaçar-se cap a la part posterior, causant una pèrdua de tracció a la roda davantera.

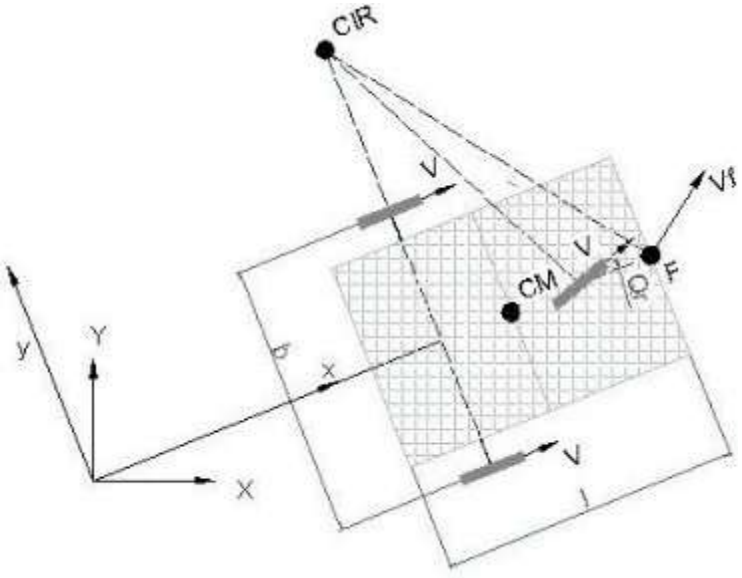


Figura 2.4.3. Esquema configuració en tricicle

Configuració Ackerman

Aquesta configuració, és molt utilitzada en l'industria de l'automòbil. Consisteix en dues rodes posteriors de tracció i dues rodes directrius al davant. Però el que fa aquest sistema especial, és que les dues rodes directrius no giren amb els mateixos angles, la roda interior del gir gira amb un angle més agut que l'altra roda, d'aquesta manera s'evita que les rodes derrapin.

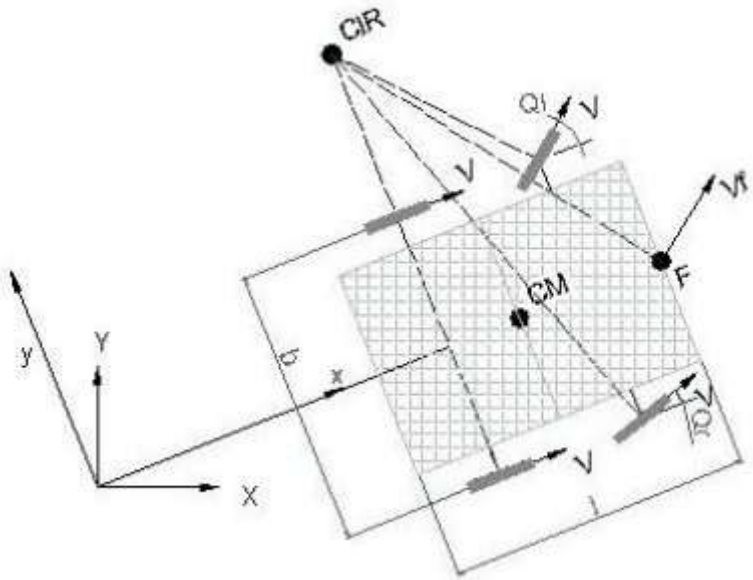


Figura 2.4.4. Esquema configuració Ackerman

Rodes síncrones

Aquesta configuració consisteix en tres o més rodes on totes elles van dotades de tracció i acoblades mecànicament de forma que totes giren en la mateixa direcció i a la mateixa velocitat.

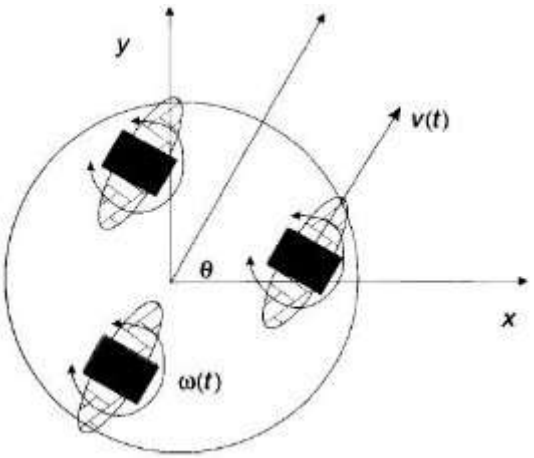


Figura 2.4.5. Esquema rodes síncrones

Tracció omnidireccional

Aquest sistema conté tres rodes directrius i motrius. D'aquesta manera obtenim tres graus de llibertat, per tant podem realitzar qualsevol tipus de moviment. No presenta limitacions cinemàtiques.

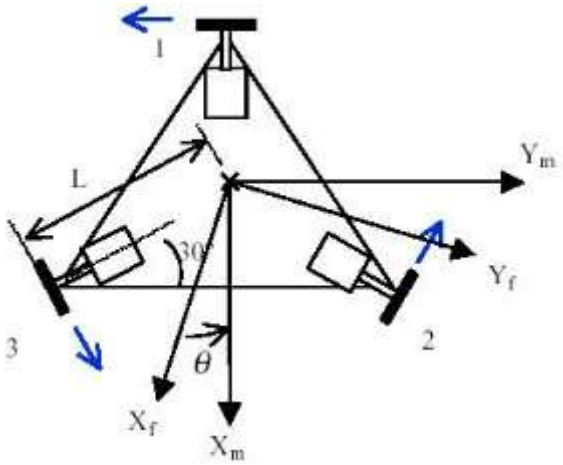


Figura 2.4.6. Esquema tracció omnidireccional

Configuració Skid Steer

En aquest tipus de locomoció tenim diverses rodes a cada costat del robot, les quals actuen simultàniament. El desplaçament és el resultat de combinar la velocitat de les rodes dels dos costats.

Figura 2.4.7. Imatge configuració Skid Steer.

2.5. Robot San Bernardo V3

El robot San Bernardo 3 (SBv3) és un robot teledirigit terrestre, està dotat de quatre rodes amb pneumàtics tot terreny de 170x80mm, cada una d'aquestes rodes disposa d'un motor independent, que a més de proporcionar la tracció, també proporciona la direcció. Per tant estem parlant d'un sistema de tracció 4x4 síncron.

La separació entre els eixos és de 50cm i l'amplada del robot és de 35cm.

Figura 2.5.1. Imatge robot SBv3.

Tal i com podem veure a la imatge, el robot disposa d'un sistema de suspensió amb la finalitat de mantenir sempre les rodes en contacte amb la superfície i conservar la carcassa del robot de forma horitzontal.

La part electrònica del robot es troba fixada a una placa d'acer inoxidable de 2mm de gruix, 45,5cm de longitud i 18cm d'amplada, aquesta placa s'introdueix a través d'uns encaixos a dins d'una caixa d'alumini, facilitant d'aquesta forma les possibles modificacions o reparacions ja que només extraient aquesta placa tenim tota l'electrònica del robot al descobert.

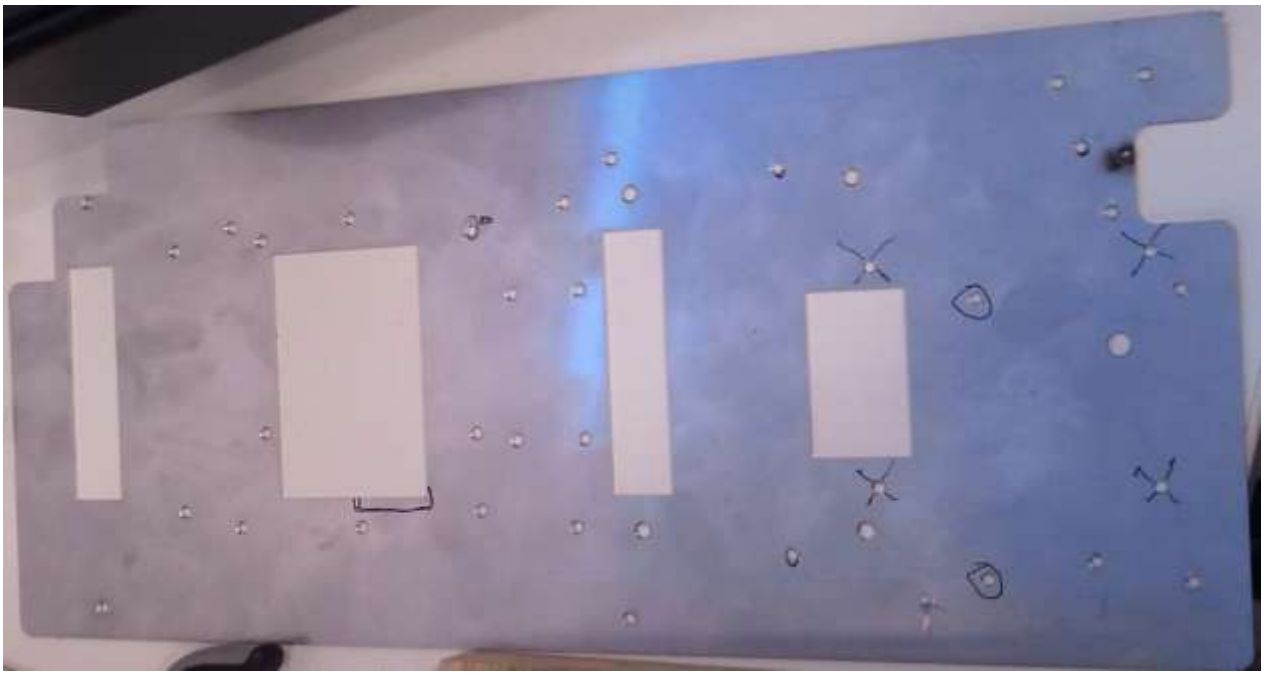


Figura 2.5.2. Imatge de la xapa d'acer inoxidable.

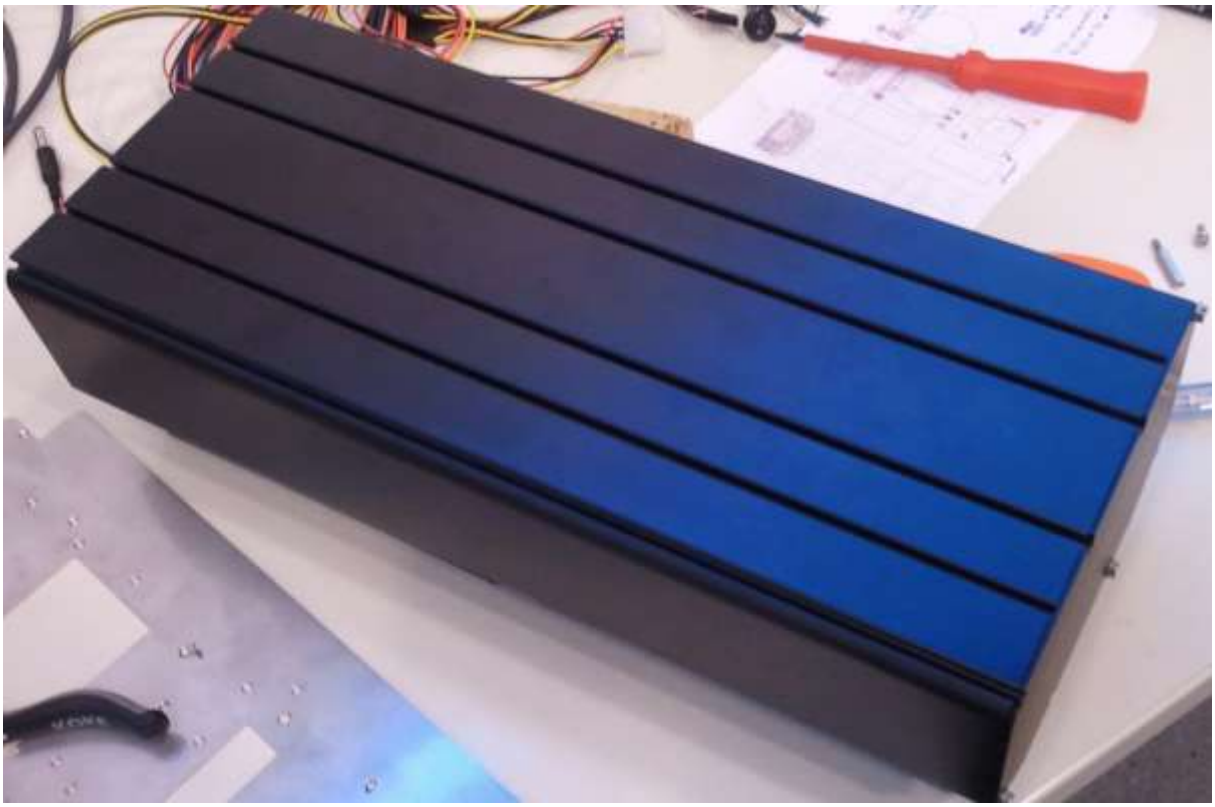


Figura 2.5.3. Imatge de la carcassa d'alumini

L'electrònica està distribuïda de tal forma que optimitzem al màxim l'espai disponible, és per això, que a la part superior de la placa tenim components distribuïts en forma de pisos, però degut al poc espai disponible dins la carcassa d'alumini, també tenim dos components fixats a la part inferior de la placa d'acer.

A la tapa de la carcassa d'alumini, hi trobem diversos elements amb els quals podrem interactuar amb el robot, carregar-ne la bateria, programar-lo, engegar-lo, parar-lo, entre d'altres funcions. A més, també disposa d'un ventilador que facilitarà la refrigeració interior dels components del robot.

Damunt d'aquesta carcassa d'alumini hi va situada una càmera i l'antena que rebrà la senyal del GPS.

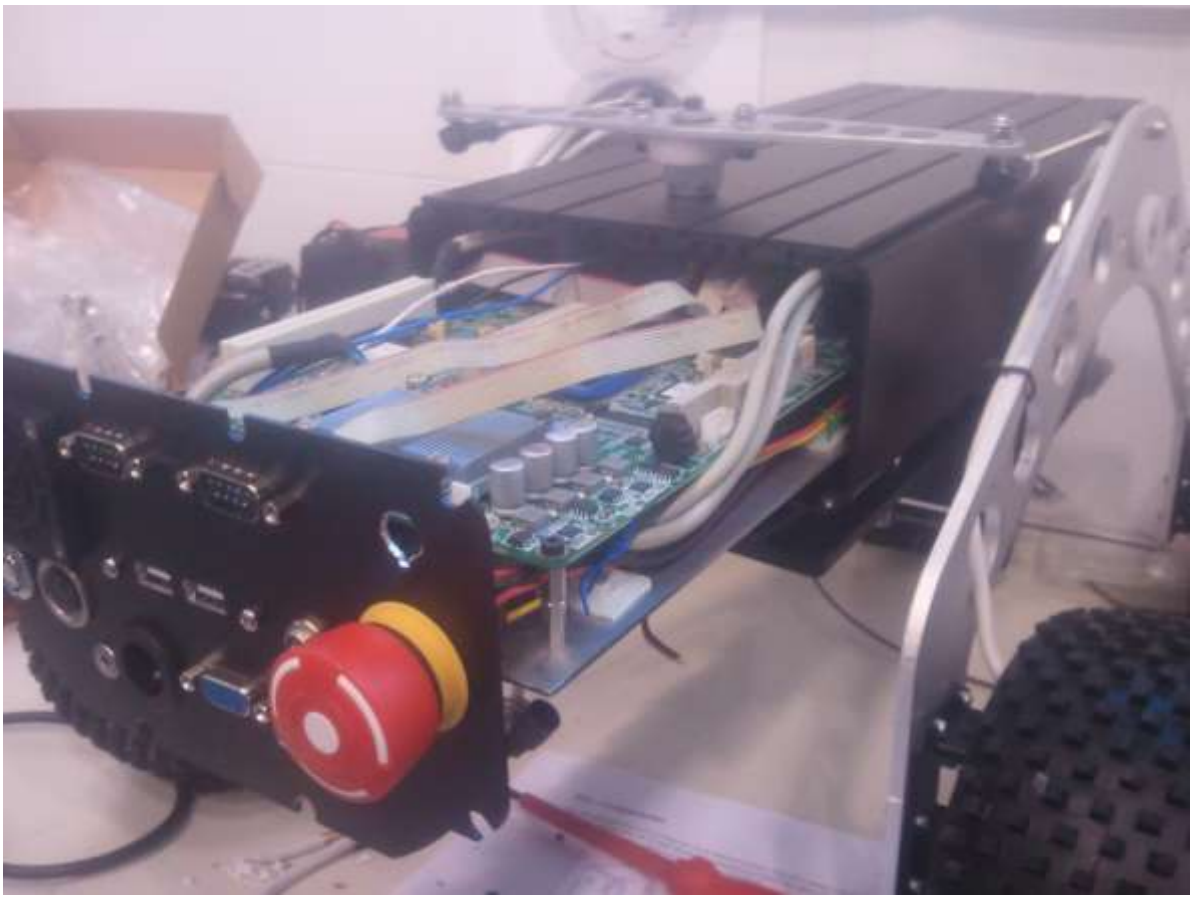


Figura 2.5.4. Imatge part electrònica del SBv3

2.6. Arquitectura Hardware

2.6.1. Components hardware

El nostre robot, és un robot que rep les nostres ordres per una xarxa local inalàmbrica, i utilitza un PC per al control i la monitorització. Els components que configuren el nostre robot són els següents:

Bateria, disposem d'una bateria de liti recarregable, per a fer funcionar el robot que ens proporciona 14,8V.

Càmera IP, per a poder facilitar el control del robot. Degut a que aquesta càmera no es pot alimentar amb el cable ethernet, hem tingut que recórrer a un POE per a que ho faci, aquest POE passarà la senyal a través del cable ethernet al router.

Acceleròmetre, per a controlar l'estabilitat del nostre robot, ja que és un robot tot terreny i pot circular per a terrenys abruptes.

GPS, ens facilitarà saber on es troba el nostre robot en qualsevol moment.

Router, que capta el senyal de la càmera i proporciona la xarxa inalàmbrica amb la que controlarem el robot.

Motors, com hem dit anteriorment, el robot disposa de 4 servomotors (un per a cada roda) que proporcionaran la tracció, però també la direcció, aquests motors es controlaran per el bus RS-485.

CPU, aquesta serà l'encarregada del funcionament del nostre robot, per a poder-la alimentar, hem utilitzat una M4 (ATX power supply) que a més ens facilitarà l'apagada de la CPU de forma segura.

PCB, degut a que no tots els elements s'alimenten a 14,8V que és el que proporciona la bateria, hem recorregut a la fabricació de una PCB per a poder proporcionar els voltatges necessaris per a cada component.

També hem instal·lat un polsador de paro d'emergència, una connexió per a poder alimentar el robot prescindint de la bateria, una altre per a poder carregar la bateria i un interruptor d'arrencada.

2.6.2. Connexions hardware

Tots aquests components van connectats entre ells de la següent forma:

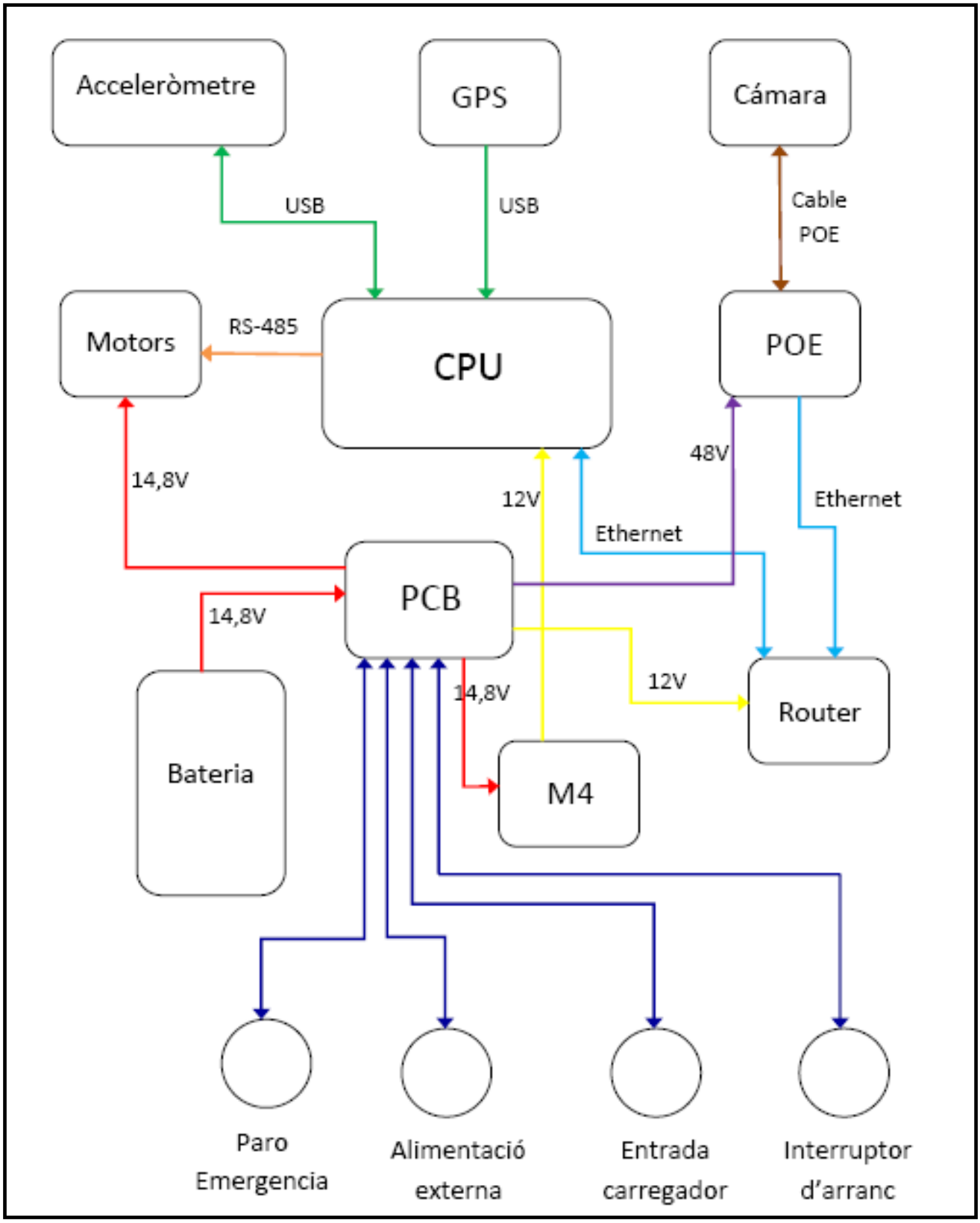


Figura 2.6.1. Esquema connexions hardware SBv3.

Tal i com podem observar a l'esquema anterior, el GPS i l'acceleròmetre van connectats a la CPU mitjançant ports USB, els motors els controlem a través del bus de dades RS-485 i el POE s'encarrega d'alimentar la càmera i a més ens passa les imatges captades per la càmera al router a través del cable ethernet, el router també està connectat a la CPU mitjançant el cable ethernet.

També podem observar, que de la bateria surten 14,8V i que utilitzem la PCB per a alimentar de forma adequada cada component, és a dir, els motors i la M4 a 14,8V, el router a 12V i el POE a 48V.

A banda d'aquests elements també tenim un pulsador d'emergència, una entrada per a carregar la bateria, una entrada per a alimentar tots els components prescindint de la bateria, i un interruptor per arrencar i apagar la CPU.

2.6.3. Selecció Components

El nostre robot, tal i com hem vist a l'apartat anterior, està compost de diversos components, aquests components han estat escollits per l'empresa M-BOT.

Al tractar-se d'un robot que funciona amb bateria, s'ha intentat buscar components que tinguin un baix consum, però també amb un tamany reduït, ja que no ens interessa que el nostre robot tingui un gran volum. Com és d'esperar el preu dels components i les pròpies característiques, també han tingut un paper important en la selecció dels components. A continuació veurem els elements escollits i debatrem si són els més idonis per a cada cas.

S'ha de tenir en compte, que l'empresa M-BOT va realitzar aquesta selecció l'any 2010, en aquests 2 anys hi han hagut nous avenços i millores en els dispositius, és per això que alguns models s'han deixat de fabricar, i s'han substituït per dispositius més avançats.

2.6.3.1. CPU

La CPU és una peça clau del robot ja que és l'encarregada del control i de la monitorització, és per això que és molt important escollir la més escaient per a la feina que ha de realitzar.

Per a l'elecció de la nostra CPU hem escollit una empresa anomenada Advantech, és una empresa fundada l'any 1983 i que ofereix integració de sistemes, hardware, software i suport logístic a nivell mundial. Hem buscat a la seva pàgina web, els ordinadors de placa única. De tots els ordinadors de placa única hem seleccionat els models *"EBX & 5.25" Single Board Computers"* que es caracteritzen per ser ordinadors de baixa potència i de dimensions reduïdes (203 x 146 mm). Aquests són ordinadors de perfil baix i sense ventiladors per a aprofitar l'espai.

Obtenim 6 CPU amb aquestes característiques- Començarem visualitzant les entrades, sortides i la memòria per a comprovar que són les que necessitem:

CPU	USB	SERIAL	ETHERNET	Memòria
PCM-9562	8 USB 2.0	4xRS-232 2xRS-422/485	Gbe x 3	DDR2 667MHz 2GB
PCM-9588	6 USB 2.0	4xRS-232 2xRS-422/485	Ethernet x 1	DDR2 400MHz 2GB
PCM-9587 A2	4 USB 2.0	3xRS-232 1xRs-232/422/485	LAN x 1	DDR 200/266MHz 1GB
PCM-9584	6 USB 2.0	3xRS-232 1xRs-232/422/485	Gbe x 2	DDR2 400/533MHz 4GB
PCM-9590	6 USB 2.0	3xRS-232 1xRs-422/485	Gbe x 2	DDR2 400/533MHz 4GB
POD-6552	6 USB 2.0	3xRS-232 1xRs-232/422/485	Gbe x 2	DDR 200/266MHz 1GB

Taula 2.6.1. Característiques de connectivitat de possibles CPU

Sabent que tenim un acceleròmetre i un GPS, que es comuniquen a la CPU mitjançant ports USB, i que a la sortida del robot volem connectar dos ports USB, per a poder accedir a la CPU sense tenir que desmuntar el robot. Això fa que puguem descartar una de les CPU ja que només té 4 ports USB i per tant els tindríem tots ocupats, la qual cosa ens limitaria molt a l'hora de realitzar modificacions al robot mitjançant ports USB. Per tant si a més tenim en compte que la memòria que utilitza és molt limitada, finalment podem dir que la CPU PCM-9587 la podem descartar.

Per a controlar els motors del robot utilitzem el serial RS-485, com hem pogut observar tots en tenen, però n'hi ha 4 que només en tenen una de connexió, fet que també ens limitaria a l'hora de modificacions futures del nostre robot, però aquest fet no crec que sigui el suficientment important com per a fer-nos descartar cap CPU però sí per a ajudar a decantar la balança en cas d'empat.

Ara realitzarem una altre taula comparant els processadors.

CPU	CPU	Front Side Bus	L2 Cache	Chipset	BIOS
PCM-9562	Intel Atom N450 1.66GHz	667MHz	512KB	N450+ICH8M	AMI 16 Mbit
PCM-9588	Intel Celeron M Processor 600 MHz	400MHz	512KB	Intel 910GMLE + ICH6M	Award 4-Mbit
PCM-9584	Pentium M 1.4GHz	400MHz	2MB	Intel 915GME+ICH6M	Award 4-Mbit

PCM-9590	Core Duo 1.2GHz	533MHz	2MB	Intel 915GME+ICH7M	Award 4-Mbit
POD-6552	Intel ULV Celeron M 600 MHz	400MHz	Up to 512KB	Intel 852GM + ICH4	Award 4-Mbit

Taula 2.6.2. Característiques dels processadors de les CPU

Observant el quadre anterior, observem que el millor processador és de la CPU PCM-9562, també és la que conté més ports USB, més connexions ethernet i dos connexions RS-485.

També observem que la CPU POD-6552 té el pitjor processador, i si a més mirem el quadre anterior també veiem que és la que té la memòria més petita, per tant la podem descartar.

Per tant ara passarem a comparar els preus de cada element.

CPU	PREU UNITARI
PCM-9562	275,00€
PCM-9588*	328,52€
PCM-9584*	576,63€
PCM-9590	327,00€

Taula 2.6.3. Llistat de preus de les CPU

Com podem veure la CPU més barata és la PCM-9562, per tant a primer cop d'ull ja és la que escolliríem, però també és la que té millor processador i més ports USB, així doncs aquesta és la millor CPU per al nostre robot.

L'empresa M-BOT també va escollir aquesta CPU, per tant podem dir que l'elecció va ser l'escaient.

A continuació es mostra la CPU escollida amb més detalls:

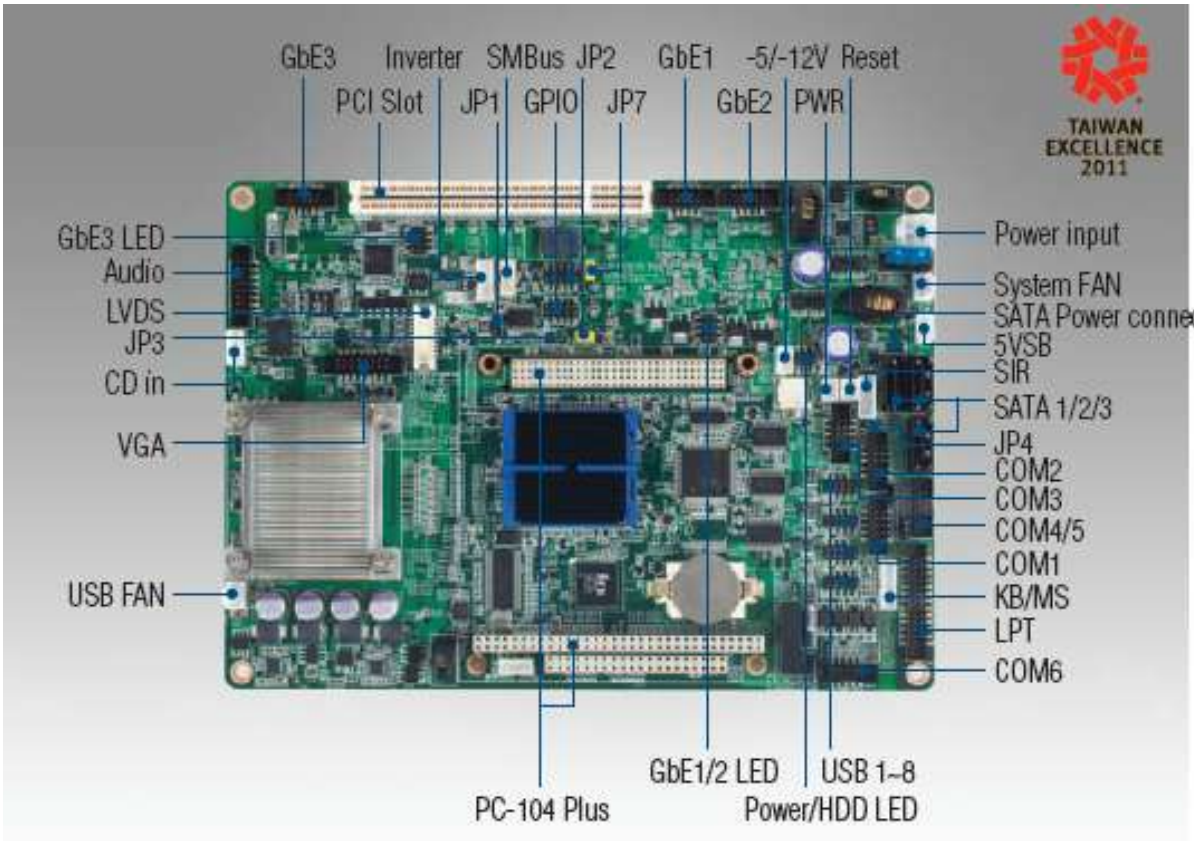


Figura 2.6.2. Connexions de la CPU PCM-9562

Les especificacions completes de la CPU escollida PCM-9562 són les següents:

Processor System	CPU	Intel Atom N450/D510 1.66 GHz
	Front Side Bus	667MHz
	Frequency	Atom N450/D510 1.66 GHz
	L2 Cache	512 KV/1 MB
	System Chipset	N450/D510 + ICH8M
	BIOS	AMI 16 Mbit
Memory	Technology	DDR2 667 MHz
	Max. Capacity	2 GB
	Socket	1 x 200-pin SODIMM
Display	Chipset	N450/D510
	VRAM	Optimized Shared Memory Architecture up to 224 MB
	Graphics Engine	Embedded Gen3.5+ GFX Core, HW MPEG2 decoder
	LVDS	Single Channel 18-bit LVDS up to WXGA 1366 x 768
	VGA	N450: UP to SXGA 1400 x 1050 @ 60 Hz (SXGA) D510: Up to 2048 x 1536 (QXGA)
	Dual Display	VGA+ LVDS
Ethernet	Interface	3(RJ-45 Connector through the cable and Ethernet3 is full version onyl)
	Controller	GbE1 Intel 82567, GbE2 Intel 82583V, GbE3 Intel 82583V (UL60601 Compliant)

	Connector	Box header
Audio	Chipset	ALC888 HD Codec, Speaker out, CD-input, Line-in, Line-out, Mic-in
	Amplifier	Max 2.2W/ch Stereo into a 2Ω Load
WhatchDog Timer	Output	System reset
	Internal	Watchdog timer1 (IWT): monitor the system status before OS is ready (programmable 10ms, disable,1s, 60s) Watchdog timer2 (PWT): Monitor the application status after OS is ready (programmable 1 – 255 sec/min) (Full version only)
Storage	CompactFlash	Card Type I, Type II
	SATA	3 SATA II (Max. Data Transfer Rate 300 MB/s)
	Floppy	Share with LPT (Optional)
	SPI Flash	16 Mbit
Internal I/O	Serial	4 x RS-232 (COM1/2/3/6, isolation design in COM6 is Full version only) 2 x RS-422/485 (COM4/5, default RS-422/485, RS-232 with TX/RX only is optional by request) ESD protection for RS-232: Air gap ±15KV, Contact ±8KV
	Ethernet	GbE x 3 (RJ-45 connector through the cable and GbE3 is Full version)
	PS/2 KV/Mouse	1
	VGA	1
	Reset Button	1
	USB	8 x USB 2.0
	Parallel (LPT)	1
	FDD	Share with LPT (Optional)
	GPIO	16-bit GPIO
	SMBUS	1
	I2C	1
Espansion	PC/104-Plus slot	1
	Mini PCI Express	1
	PCI Slot	1
Power	Power Type	AT / ATX (Both AT/ATX can support ACPI)
	Power Supply Voltage	ATX: 12V ±10%, 5VSB ±5% (5V stand-by power is only for auto power off function) AT: 12V ±10% only
	Power Consumption (Typical)	PCM-9562N-S6A1E: 10.8 W (893 mA @ 12 V, 8 mA @ 5VSB) PCM-9562D-S6A1E: 13.6 W (1130 mA @ 12V, 10 mA @ 5 VSB)
	Power Consumption (Max, test in HCT)	PCM-9562N-S6A1E: 13.9 W (1159 mA @ 12 V, 6 mA @ 5VSB) PCM-9562D-S6A1E: 16.9 W (1404 mA @ 12 V, 8 mA @ 5 VSB)
Environment	Operating	0 ~ 60°C (32 ~ 140° F) (Operating humidity: 40° C @ 95% RH non-condensing)
	Non-Operating	-40° C ~ 85° C and 60° C @ 95% RH non-condensing

Physical Characteristics	Dimensions (L x W)	203 x 146 mm (8” x 5.75”)
	Weight	0.85 kg (1.87 lb) (with Heatsink)
	Total Height (with cooler + PCB + Bottom)	29.6mm (PCM-9562N/NF), 38.6mm (PCM-9562D/DF)

Taula 2.6.4. Característiques de la CPU PCM-9562

Com hem pogut observar a les característiques de la PCM-9562, tenim dues versions: la PCM-9562N i la PCM-9562D. Aquestes dues són gairebé idèntiques, però la segona té algunes característiques millors respecte de la primera, com el processador o el display VGA. Però la PCM-9562D és 16$ més cara respecte l’altre, tot i que el fet que ens fa decidir quina escollir és el consum ja que al tractar-se d’un robot alimentat mitjançant una bateria, necessitem el mínim consum, i la que consumeix menys és la PCM-9562N; és per això que s’ha triat aquesta.

Finalment podem concloure que l’elecció de la CPU realitzada per l’empresa M-BOT Solutions ha estat la més idònia per a aquesta situació.

2.6.3.2. M4

Com hem pogut observar al diagrama hardware anterior, la nostra CPU s’alimenta a 12V però la bateria ens proporciona 14,8V és per això que necessitem un convertidor DC-DC.

També hem de tenir en compte que la bateria proporciona 14,8V però la realitat pot ser molt diferent, degut a que el valor d’aquesta es redueix amb l’edat de la bateria o per una petita caiguda de tensió produïda per l’encesa d’alguns elements a la vegada.

A fi de no danyar la nostra CPU necessitarem un convertidor que permeti certs rangs de voltatge a l’entrada, per a treballar amb una certa seguretat. És el cas de les fonts d’alimentació de la sèrie M ATX dissenyades per alimentar les CPU dels automòbils, amb un disseny petit, sense ventilador i que la tensió d’entrada pot arribar a oscil·lar entre 6-30V.

A més tots aquests convertidors es caracteritzen per tenir funcions d’encesa i apagada automàtiques de la CPU i entre elles es diferencien per la mida, les funcions internes de cada una i la potència que són capaces de proporcionar a la CPU.

2.6.3.2.1. Característiques

Amb totes aquestes característiques tenim quatre models que podrien ser-nos útils: M1-ATX, M2-ATX, M3-ATX i M4-ATX.

La M1-ATX la podem descartar ja que és un dels primers models i ha estat millorat per les següents versions, de fet el mateix fabricant a la seva pàgina web, recomana no utilitzar aquest component per als nous dissenys, recomana utilitzar el seu successor la M2-ATX.

El propi fabricant també ens informa que la M2-ATX i la M3-ATX tenen unes característiques idèntiques, però es diferencien en la forma, ja que al model M3-ATX han aconseguit unes grans reduccions d'espai respecte la seva antecessor M2-ATX. A més en comparem el preu i la M3-ATX és gairebé 10$ més barata respecte la M2-ATX. Tenint en compte el preu i que a més pensem introduir-la en un robot amb espai i pes limitat, podem concloure que també descartem la M2-ATX.

A continuació compararem les característiques de la M3-ATX i la M4-ATX i seleccionarem la que s'adapti més a les nostres necessitats:

ATX Characteristics	M3	M4
Minimum Input Operating voltage	6V	6V
Maximum Input Operating voltage	24V	30V
Deep-Discharge shutdown threshold	11.2V	11.2V
Input current limit (fuse protected)	15A	Mini-blade 25A
Max Output Power	125W	250W
Deep Sleep Current Consumption	<0.5mA	<1.6mA
Storage and operating temperature	-55 to +125 degrees Celsius (storage) -40 – 65C (operating)	-40 to +125 degrees Celsius (storage) -40 – 65C (operating)
MTBF	150,000 hrs @ 50C, 96,000hrs @65C	200,000 Hrs
Efficiency (Input 9-16V)	>94%, all rails combined, 50% load	>95%, all rails combined, 50% load
Input connectors	Faston 0.25" terminal	M4 screw terminal
Output Connector	ATX Power 20 pin	ATX Power 24 pin
Price 1 unit	69.95 $	89.50 $

Taula 2.6.5. Comparativa de característiques entre M3 i M4

Tenint en compte aquestes característiques, podem dir que utilitzarem la M4-ATX ja que segons el datasheet de la CPU PCM-9567 la M3 no ens proporciona la potència suficient, en canvi la M4 sí. A més, ens proporciona un rang de voltatges més elevat, per tant serà més segur utilitzar-la també

El diagrama de connexions del convertidor DC-DC M4-ATX és el següent:

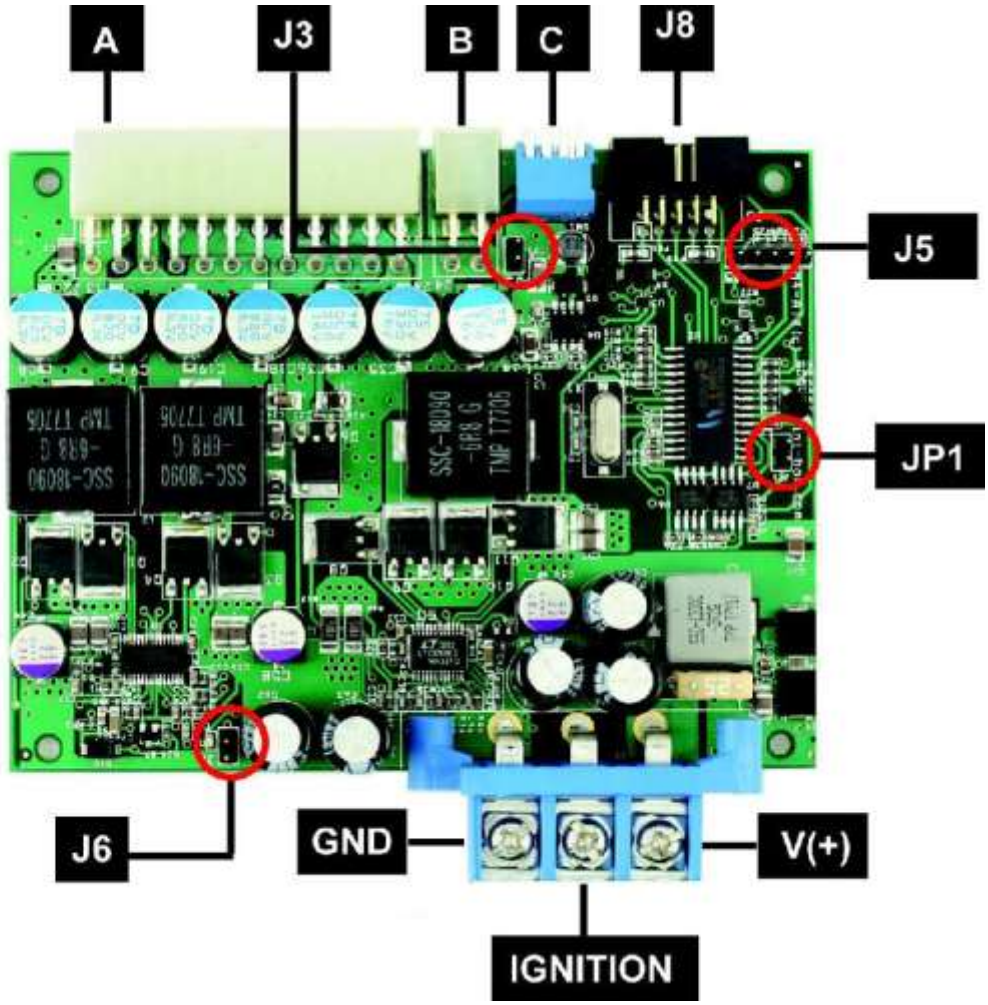


Figura 2.6.3. Imatge de les connexions de la M4-ATX

Power Input Connectors (bottom, right side)

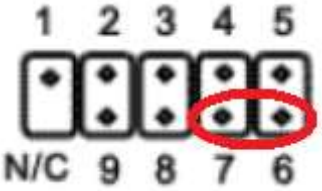
Left	Battery negative (GND)
Center	Ignition
Right	Battery positive (+)

(A) ATX Power Output Connector 20/24 pin connector
(B) 12V-ATX power output connector 4 pin
(C) Configuration dip switch

(J5) For internal use only (do not use)
(J6) Amplifier THUMP wire harness (connects to the M4-ATX pin header)
(J3) Fan Header)
(J8) USB, Motherboard ON/OFF and THUMP (Thump also available on J6)

2.6.3.2.2. Funcionament

Aquest convertidor DC-DC ens permet encendre i apagar l'ordinador de forma automàtica mitjançant el connector (J8), en especial els pins 6 i 7 d'aquest connector:



1) +5 V
2) USB D-
3) USB D+
4) GND
5) GND
6) To Motherboard ON/OFF
7) To Motherboard ON/OFF
8) Amplifier Thump
9) GND
N/C (key)

Disposem de 8 programes diferents que seran 8 formes diferents d'encendre i apagar la nostra CPU. Aquests programes es seleccionen mitjançant el connector (C), a continuació veurem què fan cadascun d'aquests programes i escollirem el que ens sigui més útil.

DIP Switch (ON=down)					
1	2	3	P	Off-delay (All rails ON)	Hard-off (5VSB)
OFF	OFF	OFF	P0	Standard PSU mode	
ON	OFF	OFF	P1	5sec	1 min
OFF	ON	OFF	P2	5sec	1 hour
ON	ON	OFF	P3	5sec	NEVER
OFF	OFF	ON	P4	30sec	1 hour
ON	OFF	ON	P5	30sec	NEVER
OFF	ON	ON	P6	30min	NEVER
ON	ON	ON	P7	3hour	NEVER

Taula 2.6.6. Funcionament de la M4-ATX.

En aquesta taula visualitzem els DIP Switch (C) que depenen de com estiguin configurats els seus 3 seleccionadors, utilitzarem un dels 8 programes.

A les altres dues columnes veiem el Off-delay que ens mostra el que tardarà la M4-ATX després de rebre la senyal d'apagada en enviar aquesta senyal a la CPU. L'altra columna veiem el Hard-off que ens mostra el temps que tardarà la CPU a apagar-se després de que li hagi arribat l'ordre d'apagada des de la M4-ATX. En els programes que hi posa NEVER significa que un cop rep l'ordre d'apagada, aquesta s'apaga sense temps d'espera.

El programa P0 fa que la M4-ATX es comporti com una font ATX normal, no encén ni apaga la CPU de forma automàtica.

He escollit el programa P1, és a dir que al rebre la M4-ATX la senyal de que apagui la CPU, aquesta tarda 5 segons en passar la senyal a la CPU, una vegada la CPU rep la senyal espera 1 minut i finalment s'apaga deixant 5VSB per a conservar la bateria. Utilitzant aquesta opció la M4-ATX consumeix menys de 0.5mA.

He escollit aquesta opció ja que és la que més s'adapta al que utilitzarem, no té cap sentit esperar més d'un minut en apagar la CPU, ni tampoc té cap sentit apagar-la sense cap mode de seguretat. D'aquesta manera s'apagarà de forma segura només 1 minut i 5 segons després de rebre l'ordre.

Aquest és el funcionament del programa escollit, però per a rebre les ordres d'encendre o d'apagar, es fa mitjançant els "power input connector" concretament el del mig que s'anomena "ignition".

El funcionament serà el següent:

1- Ignition=OFF, no passa res. La M4-ATX està a l'espera del senyal.
2- Ignition=ON, al cap de 2 segons d'estar en ON s'envia el senyal a la CPU mitjançant els pins 6 i 7 del connector (J8). Llavors la CPU s'encendrà i començarà a funcionar tot el sistema.
3- Ignition=ON, mantenint-lo en ON, el nostre ordinador estarà funcionant.
4- Ignition=OFF, una vegada l'apaguem, entrarà el temps d'espera de la taula OFF-delay que depenen del programa escollit variarà, en el nostre cas serà de 5 segons. Llavors a través dels pins 6 i 7 del connector (J8) s'enviarà el senyal d'apagada a la CPU. Una vegada rebut entrarà ara el temps d'espera del Hard-off de la taula, també dependrà del programa escollit, en el nostre cas serà d'un minut, una vegada passat aquest minut la CPU s'apagarà de forma segura.

Aquest ha estat un cicle de funcionament que es realitzarà cada vegada que fiquem en marxa la CPU, d'aquesta forma s' assegurem d'un correcte funcionament de la CPU i evitem que s'esdevingui cap dany.

2.6.3.3. Memòria

La nostra CPU per tal de funcionar correctament, necessita una memòria on guardar totes les dades. Per escollir-la hem pensat en l'empresa americana anomenada Kingston, una empresa creada el 1987 i que actualment te 4000 treballadors. Hem escollit aquesta empresa ja que Kingston és el fabricant de memòries independents més gran que hi ha actualment en el mercat, consta amb una amplia varietat de productes.

El nostre robot, és un robot tot terreny capacitat per circular per terrenys abruptes, per tant el nostre robot estarà exposat a cops i vibracions, una memòria convencional es podria esborrar fàcilment. És per això que hem escollit una memòria d'estat sòlid, que degut a no incorporar peces mòbils és resistent als cops i vibracions.

La utilització d'aquest tipus de memòria ens aporta moltes avantatges respecte a les convencionals:

- A prova de cops, un cop ja no suposa perdre totes les dades.
- És una memòria flash, per tant respon més ràpid a les ordres.
- Al no tenir elements mecànics, és molt silenciosa.
- Gairebé no es calenta.
- Consumeix menys que una unitat de disc dur tradicional.

Kingston disposa de 4 series de models de memòria sòlida diferents, aquestes són: V, V+, S i la hyperX.

Model	**V**	**V+**	**S**	**HyperX**
Característiques	Maximitza la inversió informàtica degut al seu preu econòmic.	Dissenyat per negocis diaris, amb una alta qualitat i rendiment a un preu assequible, perfecte per a portàtils, netbooks o tabletes.	Dissenyats per augmentar el rendiment de les aplicacions sense PC	Combina l'ultima tecnologia, obtenint una alta potència de processament, disponibles a partir de 120GB.

Taula 2.6.7. Característiques dels diferents models de memòries.

A simple vista veiem que podem eliminar de la nostra llista la sèrie "S" degut a que nosaltres utilitzem un PC. També eliminem la sèrie "HyperX" ja que no necessitem una memòria amb una potència tan elevada (ocasionant un elevat preu del producte).

Per al nostre robot escollim una memòria de 64GB ja que creiem que serà més que suficient. Si n'esculli'm una de més capacitat, serà gastar els diners de forma innecessària ja que no la necessitem. Però el fet d'escollir-ne una de més petita, reduiríem el cost, però podria provocar que alentíssim el processador del nostre robot.

A continuació comparem les dues sèries per a veure'n les diferències:

	SSDNow V 200	SSDNow V+ 180
Dispositiu	Unitat estat sòlid - intern	Unitat estat sòlid - intern
Amplada	7 cm	4,5 cm
Profunditat	10 cm	7,9 cm
Altura	7 mm	5 mm
Pes	88 g	48 g
Factor de forma	2.5"	1.8"
Capacitat	64 GB	64 GB
Interfaç	Serial ATA - 600	Serial ATA - 300
Característiques	Suport TRIM	Flash de cel·la de nivells múltiples (MLC), suport TRIM
Homologació	S.M.A.R.T.	S.M.A.R.T.
Tasa de dades internes	360 MBps (lectura) 100 MBps (escriptura)	230 MBps (lectura) 180 MBps (escriptura)
Temps mig entre errors	1.000.000 hora (S)	1.000.000 hora (S)
Connectivitat	1 x Serial ATA -600 Sèrie ATA de 7 espigues	1 x Serial ATA -300 Micro SATA de 16 patilles
Temperatura mínima funcionament	0 °C	0 °C
Temperatura màxima de funcionament	70°C	70°C
Preu 1 unitat	101.95 €	114.96 €

Taula 2.6.8. Comparativa entre memòries.

Les característiques entre la sèrie V i la V+ són molt semblants, però a la segona hi ha algunes petites millores, com la reducció de l'espai (reducció de 2cm d'amplada i 2cm d'alçada) o del pes (reducció de 40g). Però aquestes petites millores han suposat un augment en el preu de 13 € més respecte l'altre.

L'empresa M-BOT va escollir la sèrie V, però per 13€ més tenim l'altra sèrie, la V+ amb millors prestacions i amb una mida molt més reduïda. És per això que crec que és millor utilitzar la sèrie V+ i aprofitar millor l'espai del nostre robot.

Per tant utilitzarem la memòria Kingston SSDNow V+ 180 que ens costarà 114.96€.

Figura 2.6.4. Imatge de la memòria SSDNow V+ 1

2.6.3.4. Motors

El nostre robot és un robot amb un sistema amb tracció a les quatre rodes i amb direcció també a les quatre rodes, és per això que necessita quatre servomotors, un per a cada roda. Aquests servomotors proporcionaran la tracció però també la direcció del nostre robot. Els controlarem a través del bus RS-485.

Per a trobar els motors que necessitem, hem trobat una empresa que es dedica al disseny i fabricació de motors destinats a tot tipus de robots, l'empresa es diu ROBOTIS, creada l'any 1999 a Korea i que actualment es troba a 39 països del món, inclosa Espanya. Aquesta empresa disposa d'un ampli catàleg de servomotors, però tenint en compte que nosaltres en busquem un que es controli mitjançant el bus RS-485, en podem descartar les series AX i MX, en concret els models: AX-12W, AX-12A, AX-18A, MX-28, MX-64 i MX-106.

Ens hem quedat amb les sèries RX i EX que es controlen mitjançant el bus RS-485, aquests models són els següents: RX-24F, RX-28, RX-64 i EX-106+.

A continuació compararem les seves característiques i escollirem el més idoni per al nostre cas:

	RX-24F	**RX-28**	**RX-64**	**EX-106+**
Weight	67g (2.36oz)	72g (2.36oz)	125g (4.40oz)	154g (5.43oz)
Dimension (mm)/(inch)	35.6x50.6x35.5(mm) 1.40x1.99x1.40(inch)	35.6x50.6x35.5(mm) 1.40x1.99x1.40(inch)	40.2x61.1x41(mm) 1.58x2.41x1.61(inch)	40.2x65.1x46(mm) 1.58x2.56x1.81(inch)
Gear Ratio (material)	193:1 (metal)	193:1 (metal)	200:1 (metal)	184:1 (metal)
Network Interface	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485
Position Sensor (Resolution)	Potentiometer (300*/1024)	Potentiometer (300*1024)	Potenciometer (300*/1024)	Magnetic Encoder (251*/4096)
Motor	Coreless Motor	Maxon Motor	Maxon Motor	Maxon Motor
Operation Voltage (V)	9.0~12.0	12.0~18.5	12.0~18.5	12~18.5
Stall Torque (N·m)	2.6 at 12.0V	2.5 at 14.8V	4.0 at 14.8V	8.0 at 14.8V
Stall Current (A)	2.4	1.5	2.1	6.1
No Load Speed (RPM)	126	67	49	69
Price 1 unit	139.9 $	209.9 $	279.9 $	499.0 $

Taula 2.6.9. Comparativa dels diferents motors de Robotis.

Hem de tenir en compte, que el nostre robot està alimentat per una bateria que proporciona 14.8V, per tant, necessitarem que els motors operin a aquest voltatge, a simple

vista podem eliminar el motor RX-24F, ja que per operar, té un rang de voltatge de 9.0 a 12.0V. Els altres tres models en canvi, operen de 12.0 a 18.5V per tant aquests sí que ens serveixen.

El que es pretén amb aquests motors, és col·locar-los a la part interior de cada roda (4 rodes), d'aquesta manera la pròpia roda els protegirà de qualsevol imperfecció del terreny. El motor anirà connectat directament a la roda, proporcionant-li la tracció i la direcció. Per tant la mida de la roda serà un aspecte mot important a l'hora de decidir el model del motor a utilitzar. La mida del motor des de l'eix fins al seu extrem, no podrà ser més gran que l'altura del radi de l'interior de la roda, tal i com veiem a continuació:

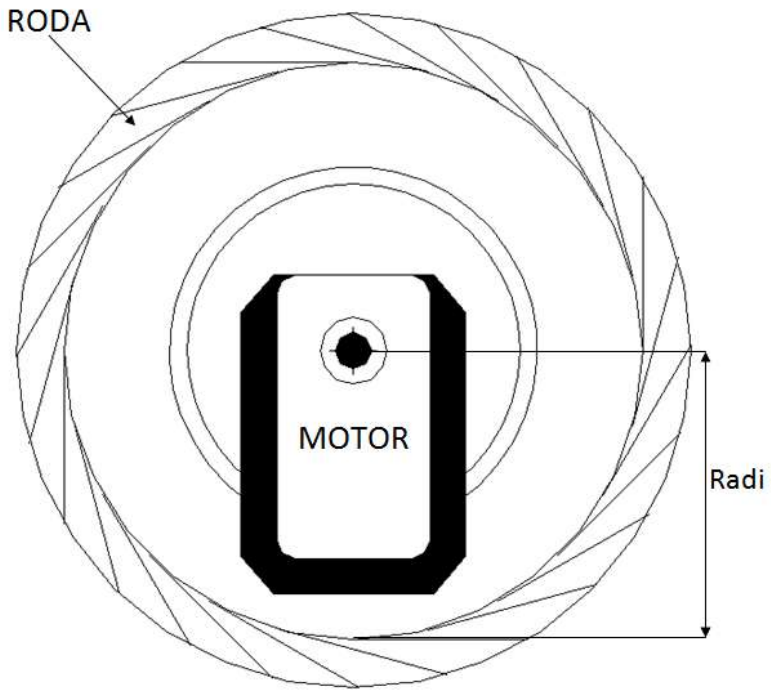


Figura 2.6.5. Esquema de la posició del motor a la roda.

Necessitem un motor que es trobi a dins de les nostres proporcions, ja que un motor excessivament gran ens obligaria a tenir unes rodes també excessivament grans.

Per tant el motor més gran de la nostra llista, el EX-106+ el podem descartar. La instal·lació d'aquest motor al nostre robot comportaria unes mides de les rodes excessivament grans en proporció al robot.

A més, aquest motor consumeix molt més que els altres, tot i que també genera més força. Però aquest excés de força no ens afavoreix, ja que ens pot arribar a dificultar el control del nostre robot. A part de totes aquestes raons per a descartar aquest motor, hi hem d'afegir una de les més importants, que és el seu elevat preu, que és gairebé el doble respecte els altres motors. És per totes aquestes raons que finalment descartem el motor EX-106+.

Finalment ens quedem amb les versions RX-28 i RX-64, dos motors d'unes característiques molt similars, tot i que el RX-64 pesa 53g més i mesura uns aproximadament 10mm més d'altura, també genera una força gairebé el doble que la del RX-28, però també costa 70$ més.

Tenint en compte que el nostre robot és voluminós i pesat. Per aquest motiu escollim el motor RX-64, ja que amb el RX-28 no aconseguiríem el moviment desitjat del nostre robot, degut a les seves limitacions de força.

Figura 2.6.6. Imatge del motor RX-64

Les mides del motor RX-64 ens proporcionaran la mida mínima de les nostres rodes:

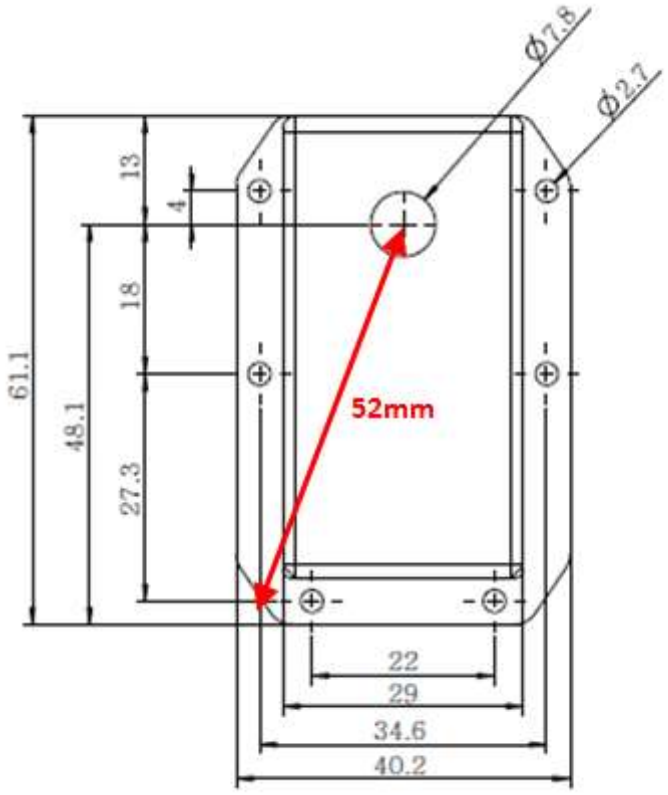


Figura 2.6.7. Esquema de les mides del motor RX-64

Podem observar que la mida de l'eix a l'extrem del robot és de 48.1mm, però sabent que la roda és esfèrica, hem de mesurar la mida de l'eix en diagonal fins a un dels cantons del motor, d'aquesta manera obtindrem la mida mínima possible del radi que pot tenir la roda. Aquesta mida és de 52mm.

Com ja hem dit anteriorment, el nostre motor va connectat directament a la nostra CPU mitjançant el bus RS-485. Per a poder proporcionar girs al robot, els dos motors de la dreta i els dos de l'esquerra giraran ens sentit oposat, d'aquesta forma per girar els motors d'un costat avançaran i els de l'altre costat retrocediran.

A l'hora de realitzar les connexions dels motors hem de tenir molt en compte els seus pins per a no malmetre'ls:

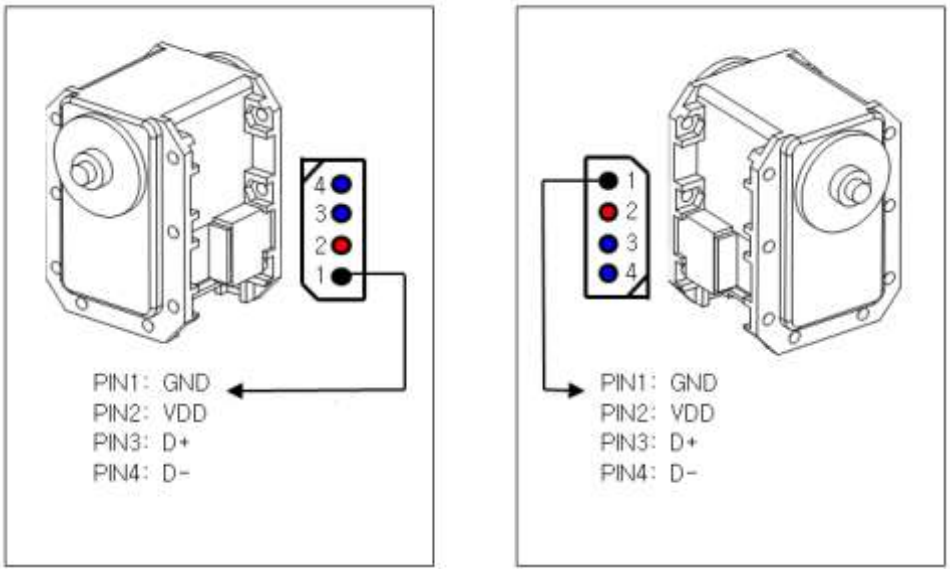


Figura 2.6.8. Imatge dels pins del motor RX-64.

Tal i com veiem, tenim terra (GND), l'alimentació de la bateria a 14,8V (VDD) i els altres dos pins els (D+ i D-) són els que a través de la CPU controlaran la direcció dels motors. Aquests motors tenen la possibilitat de connectar-se entre ells per a simplificar la feina, però sempre tenint en compte els seus pins, ho farem de la següent manera:

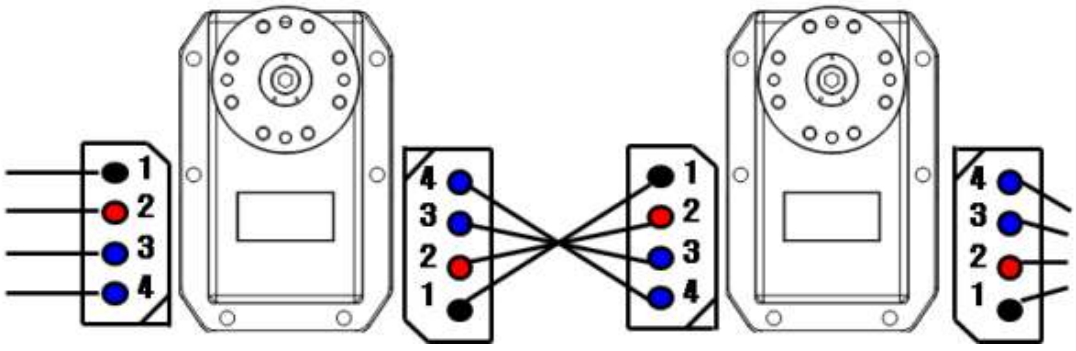


Figura 2.6.9. Esquema connexions en sèrie entre diferents motors.

Tal i com veiem, entre els motors els pins s'inverteixen, és per això que s'han de creuar els cables per tal de connectar-los correctament. Connectem la CPU a un motor, i el primer motor és el que passarà les ordres a l'altre motor i així successivament.

2.6.3.5. Router

El nostre robot, és controlat per un sistema de control remot. Aquest, es controlarà utilitzant un ordinador connectat a la xarxa inalàmbrica (wireless) que proporcionarà el robot. Per a generar aquesta xarxa i controlar el robot, necessitarem un router.

Per a trobar el router que més s'adapti a les nostres necessitats, he escollit l'empresa MikroTik. MikroTik és una empresa letona fundada el 1995 que està especialitzada en la fabricació de routers i sistemes sense fils.

L'empresa MikroTik, disposa d'una amplia gama de routers, però no tots ens serviran per al nostres robot, ja que el router que nosaltres necessitem, haurà de tenir unes característiques especials.

El nostre router haurà de tenir com a mínim dues connexions ethernet, una la necessitarem per a rebre les imatges captades per la càmera IP i l'altra per a comunicar-nos amb la CPU del robot. El router que necessitem, haurà de generar una connexió inalàmbrica i haurà de ser alimentat directament, amb la tensió que ens proporciona la bateria, que és de 14,8V.

Per tant les característiques mínimes del nostre router seran:

- 2 connexions ethernet.
- Capaç de generar una xarxa sense fils.
- Alimentar-se a 14,8V (sense utilitzar POE).

Utilitzant aquests tres requisits, filtrem els productes de MikroTik, i n'eliminem tots aquells que no s'adapten a les nostres necessitats. Els routers que ens queden són 8: RB433UAHL, RB433, RB433AH, RB433UAH, RB435G, RB493, RB493AH i RB493G.

Tots aquests routers, no ens proporcionen la xarxa sense fils que necessitem, però tenen ranures per a incorporar una miniPCI que ens proporcionarà la xarxa sense fils que desitgem. Les característiques dels routers escollits són les següents:

	RB433 UAHL	RB433	RB433AH	RB433 UAH	RB435G	RB493	RB493AH	RB493G
Velocitat CPU	680MHz	300MHz	680MHz	680MHz	680MHz	300MHz	680MHz	680MHz
RAM	128MB	64MB	128MB	128MB	256MB	64MB	128MB	256MB
Ports LAN	3	3	3	3	3	9	9	9
MiniPCI	3	3	3	3	5	3	3	3
USB	1	0	0	2	2	0	0	1
Memory Card	NO	NO	1 (microSD)	1 (microSD)	1 (microSD)	NO	NO	NO
Dimensions	105mm x 144mm	105mm x 150mm	105mm x 150mm	105mm x 150mm	105mm x 154mm	105mm x 160mm	105mm x 160mm	105mm x 160mm
Consum aproximat	2 W	3 W	3 W	3 W	4.5 W	3 W	3 W	3 W
Preu unitari	129 $	99 $	149 $	165 $	189 $	129 $	169 $	199 $

Taula 2.6.10. Comparativa entre diferents models de router.

A simple vista, podem observar que hi ha routers que incorporen extres que no ens són necessaris, com pot ser la targeta de memòria o els ports USB, aquests extres fan que el producte final tingui un cost més elevat. Degut a que no necessitem aquests extres per a l'ús que li donarem al nostre router, no surt a compte pagar el cost addicional que suposen.

Per tant, podem suprimir tots els routers amb un cost més elevat, i ens quedem amb els tres de menys preu, que són: RB433UAHL, RB433 i RB493. El RB493, té 9 ports ethernet i nosaltres només en farem servir dos, al tenir més connexions comportarà que el router sigui més voluminós, és per això que el podem eliminar de la nostra llista, ja que degut a les limitacions d'espai a dins del nostre robot, la reducció d'espai és un tema important a tenir amb compte.

Ara la decisió està entre el RB433UAHL i el RB433. El primer, té més memòria, la CPU treballa a més velocitat, ocupa menys espai, consumeix menys i té un port USB que en un principi no l'utilitzarem, però en futures millores potser sí. Però l'inconvenient que té respecte l'altre, és que costa 30$ més.

Vistes les característiques, per a efectuar l'elecció idònia, només ens cal sospesar sí les millores de la RB433UAHL respecte la RB433, compensen el suplement de 30$ que valen.

L'empresa M-BOT va escollir la RB433, la més barata. Però jo crec que la millor opció és escollir la RB433UAHL ja que per un suplement de 30$, aconseguim un router més eficient, amb més memòria, més ràpid, més petit i que consumeix menys.

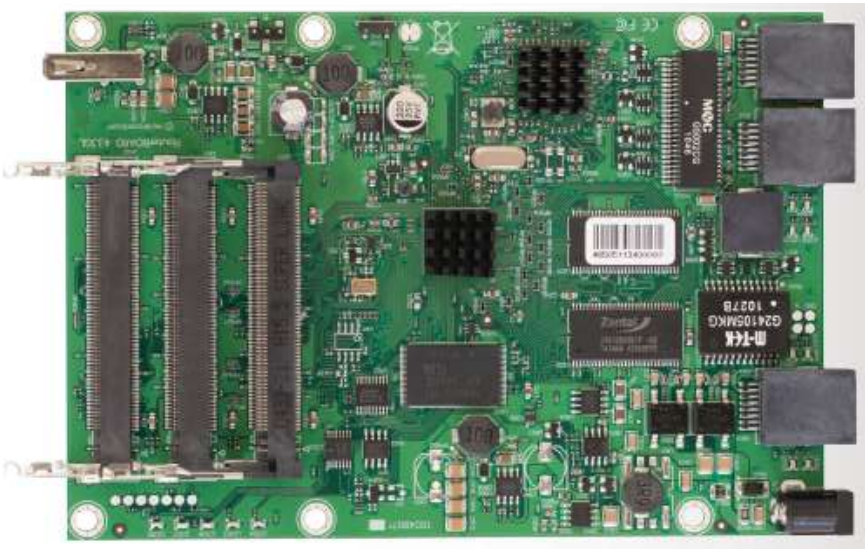


Figura 2.6.10. Imatge del router RB433UAHL

Una vegada escollit el router, només ens falta afegir el sistema de connexió sense fils, que ho farem afegint una miniPCI al router que hem triat. Les miniPCI que s'adapten a les característiques que busquem són 4: R52, R52H, R52Hn i R52nM.

	R52	R52H	R52Hn	R52nM
802.11a	Sí	Sí	Sí	Sí
802.11b	Sí	Sí	Sí	Sí
802.11g	Sí	Sí	Sí	Sí
802.11n	No	NO	Sí	Sí
Connector antena	uFl	uFl	MMCX	MMCX
Format	miniPCI	miniPCI	miniPCI	miniPCI
Chipset	AR5414	AR5414	AR9220	AR9220
Potència de sortida	19dBm	25dBm	25dBm	23dBm
2GHz	Sí	Sí	Sí	Sí
5GHz	Sí	Sí	Sí	Sí
Temperatura de treball	-50°C to + 70°C	-50°C to + 70°C	-50°C to + 70°C	-50°C to + 70°C
Preu unitari	39 $	59 $	59 $	49 $

Taula 2.6.11. Comparativa entre diferents miniPCI.

Els números 802.11a, 802.11b, 802.11g i 802.11n són protocols de funcionament que regulen el funcionament de les xarxes sense fils:

- 802.11a: xarxa que opera a 5GHz utilitzant 52 subportadores a una velocitat màxima de 5Mbit/s, aconseguint una velocitat de xarxes inalàmbriques reals de 20Mbit/s. L'inconvenient és que no pot operar amb equips amb l'estàndard 802.11.b.
- 802.11b: xarxa que opera a 2,4 GHz amb una velocitat de transmissió de 11Mbps.
- 802.11g: és l'evolució del 802.11b, també opera a 2,4 GHz però aconsegueix una velocitat teòrica de 54 Mbit/s. Aquest estàndard, és compatible amb el seu antecessor.
- 802.11n: aquest estàndard, aconsegueix una velocitat real de 600Mbps, és aproximadament 10 vegades més ràpida que les 802.11a i 802.11g, i unes 40 vegades

superior a la 802.11b. A més aquest estàndard, és capaç d'operar a 2,4 GHz i a 5GHz, per tant aquest estàndard, és compatible a tots els models anteriors de WI-FI.

Una vegada hem clarificat el tema dels protocols, revisem les característiques de les 4 miniPCI per tal d'escollir la millor per a les nostres necessitats. Podem observar que la R52 té poca potència de sortida fet que limitaria l'abast de control del nostre robot, és per això que podem suprimir aquesta placa.

Respecte a les altres 3 plaques restants, observem que la R52H no conté l'estàndard 802.11n, per tant degut a que té el mateix preu i la resta de característiques iguals, també el podem descartar, perquè operarà a una velocitat inferior respecte de les altres.

Una vegada eliminades dues plaques, ara ens queda escollir entre la R52Hn i la R52nM. Totes dues amb unes característiques gairebé idèntiques, on només tenen dues diferències, la primera diferència la trobem a la potència de sortida, ja que a la R53Hn és de25dBm mentre que a la R53nM és de 23dBm i la segona amb el preu, la R53Hn té un cost de 59$ mentre que la R53nM val 49$.

Per a escollir entre les dues plaques, només cal sospesar el fet que la diferència de 10$ valgui la pena, per a obtenir 2dBm més.

L'empresa M-BOT va escollir la més barata, la R53nM ja que va preferir pagar menys abans que obtenir una potència de xarxa major. Però personalment, crec que és millor escollir la R52Hn, ja que el nostre robot es controlarà per control remot, una major potència de xarxa significa que el podrem controlar a més distància. Crec que val la pena pagar la petita diferència de preu (10$) que hi ha entre les dues plaques i agafar la millor. Per tant escollim la miniPCI RB52Hn:

Figura 2.6.11. Imatge miniPCI RB52Hn.

Tal i com hem explicat, aquesta tarja té dues connexions MMCX per a antenes, és important incloure-li una antena, ja que l'electrònica del robot es troba a dins d'una caixa tancada d'alumini, i la senyal del router no es podria captar bé. És per això que hem buscat una antena que ens proporciona el mateix fabricant. L'antena que hem escollit és la ACMMCX que està dissenyada per la miniPCI que hem escollit, té una freqüència de 2.4-5.8GHZ i costa 12.16€.

Figura 2.6.12. Imatge de l'antena ACMMCX.

2.6.3.5.1. Configuració

Mitjançant la utilització de certs comandos, configurarem el router per a que actuï de la forma desitjada. Els arxius de configuració per defecte, es troben a la pàgina web del fabricant i estan a l'abast de qualsevol persona.

Amb la comanda "load name=[filename]" carregarem l'arxiu de configuració al router des d'un arxiu. En canvi si el que volem és guardar l'arxiu de configuració a un arxiu, utilitzarem la comanda "save name=[filename]".

Aquest router, també ens permet l'opció de restaurar la configuració existent, ja que pot estar danyada, per fer-ho només ens cal utilitzar la comanda "export file=filename", aquesta comanda només afecta sobre el nivell del menú on es realitza.

A més, aquest router incorpora una comanda per a netejar la configuració. És a dir, s'efectuarà un reset utilitzant aquesta comanda, s'ha de tenir en compte que després de realitzar el reset, el router es reiniciarà. Tenim diverses versions d'aquesta comanda, que ens permeten netejar diferents parts:

- keep-users: manté els usuaris i les contrasenyes.
- no-defaults: no carrega la configuració per defecte, només ho neteja tot.
- skip-backup: no es crea el backup automàtic por defecte.
- run-after-reset: especifica un arxiu d'exportació prèviament guardat.

2.6.3.6. Càmera

Degut a que el nostre robot, és un robot controlat per control remot, incorporar una càmera ens proporcionarà un major control sobre ell i podrà funcionar en situacions on nosaltres no puguem veure ni arribar.

La càmera serà una càmera IP ja que d'aquesta manera, connectant-la al nostre router, aconseguirem que des de qualsevol ordinador només introduint la IP de la càmera, podrem visualitzar en temps real les imatges que ens transmeti el nostre robot.

Per tal d'escollir la càmera que més s'adapti a les nostres característiques, hem mirat els productes dels principals distribuïdors de càmeres que hi ha actualment al mercat i que són els següents: Axis, Brickcom, Ganz, IPX, IQeye, JVC, Panasonic, Sony i Vivotek.

El criteri de selecció que hem seguit, ha estat eliminar des d'un principi totes les càmeres amb més qualitats de les necessàries, ja que d'aquesta manera ajustarem més el preu d'aquesta. Per tant hem eliminat les càmeres que incorporen: sistema de visió nocturn, una resolució excessiva, sensors de moviments, capacitat per a connectar una alarma, sistemes de so, memòria interna i càmeres mòbils.

Llavors, de les càmeres restants, hem seleccionat les que s'alimenten mitjançant cable ethernet, que siguin d'imatges en color i sobretot, que tinguin un consum molt baix (per allargar al màxim la durada de la nostra bateria).

Després d'aquests processos de selecció les càmeres amb les quals ens hem quedat són les següents: M1103 i M1113 (Axis), SNC-CH120 (Sony), IQ040SI i IQ041SI (series 4 de IQeye).

Totes aquestes càmeres tenen unes característiques molt semblants, algunes de les petites diferències que tenen són a la resolució i en el consum:

	M1103	**M1113**	**SNC-CH120**	**IQ040SI**	**IQ041SI**
Resolució	800 x 600	800 x 600	1280 x 1024	640 x 480	1600 x 1200
Consum aproximat	4 W	4 W	5 W	< 2.8 W	< 2.8 W
Preu unitari	247.8 €	321.8 €	366 €	226.9 €	226.9 €

Taula 2.6.12. Comparativa entre diferents models de càmeres.

A primer cop d'ull veiem que entre dos models de la mateixa marca, gairebé no hi ha diferència, entre la M1103 i la M1113 només hi ha dues diferències, la primera és que la M1113 és del tipus varifocal mentre que la M1103 és fixa i la segona diferència són les lents, la M1113 té millors lents respecte l'altre. En el cas de les dues càmeres de IQeye, la seva principal diferència, exceptuant la resolució, és la captura d'imatges per segon, que a la IQ404SI és de 30 mentre que a la IQ041SI és de 15.

La principal diferència a tenir en compte, és el consum. Degut a que, es tracta d'un robot alimentat per una bateria i al reduir-ne el consum, augmentem el temps operatiu del robot utilitzant la bateria. És per això que escollirem una de les dues càmeres de IQeye, que a més hem d'afegir-hi el fet de que són les més econòmiques.

L'empresa M-Bot va escollir el model IQ040SI que captura el doble d'imatges per segon respecte al model IQ041SI, tot i tenir una resolució menor. Però tenint en compte que amb la pantalla de l'ordinador amb que controlem el robot, a més de veure les imatges captades per la càmera, també necessitarem visualitzar els controls del robot, el GPS i l'acceleròmetre entre d'altres. És per això, que no necessitem una resolució tan elevada com la del model IQ041SI, en canvi el fet de capturar més imatges per segon sí que ens beneficiarà, ja que ens ocasionarà un control del robot més segur i fiable.

Per tant arribem a la conclusió que la millor càmera per al nostre robot, és la càmera IQ040SI de IQeye:

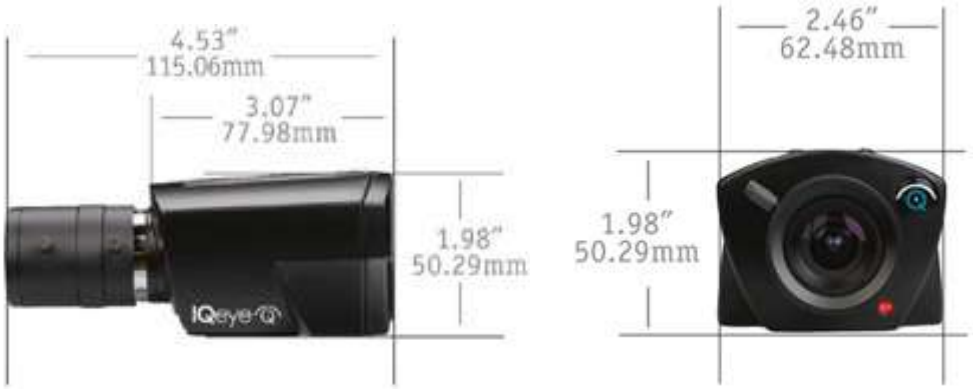


Figura 2.6.13. Mides de la càmera IQ040SI.

Per alimentar aquesta càmera, ho farem mitjançant un POE que l'alimentarà a través d'un cable ethernet. El POE és el que passarà les imatges captades per la càmera al router mitjançant un cable ethernet.

Al frontal de la càmera s'hi troba un LED vermell, amb la finalitat d'informar l'estat en que es troba la càmera. Aquest LED pot indicar tres estats diferents de la càmera:

- *Activitat:* el LED s'encendrà breument cada vegada que es capturi una imatge.
- *ON:* LED encès permanentment.
- *OFF:* LED apagat permanentment.

2.6.3.7. GPS

La instal·lació d'un GPS al nostre robot, ens permetrà posicionar al nostre robot en temps real, sobre un mapa, de tal forma que el tindrem vigilat en tot moment. A més, amb l'ajut de la càmera incorporada al robot i d'aquest GPS, podrem controlar el robot sense la necessitat de tenir-ne contacte visual.

Per a escollir el millor GPS que s'adapti al nostre robot, haurem de tenir en compte algunes característiques, com poden ser: la mida del mòdul, la freqüència d'actualització, el consum, la capacitat per incorporar-hi antenes, el nombre de canals capaç d'incorporar, la precisió i el preu.

Aquestes són les característiques que normalment es tenen en compte a l'hora de comprar un GPS. Però en el nostre cas, volem connectar el GPS a la CPU del robot mitjançant una connexió USB, és per això que necessitarem un dispositiu GPS capaç de utilitzar aquesta connexió.

Per tal de trobar el GPS que s'adapti a les nostres necessitats, he escollit l'empresa Sparkfun. Especialitzada en la venta de tot tipus de peces d'electrònica, per a la realització de tot tipus de projectes.

La gamma de GPS de que disposen és molt extensa, consta de 9 mòduls GPS, que són els següents: GPS-11067, GPS-10995, GPS-10920, GPS-11058, GPS-08146, GPS-10923, GPS-09159, GPS-09133 i GPS-10921.

Cal dir però, que no tots aquests mòduls es fabriquen actualment, ja que a mesura que passa el temps, surten noves millores i van quedant obsolets. El GPS-09133 i el GPS-10921, s'han deixat de fabricar per a donar pas al seu successor millorat, el GPS-11058. També és el cas del GPS-08146 i el GPS-10923 que han estat substituïts per el GPS-11067. Però també trobem el cas del GPS-09159 que ha estat retirat del mercat sense cap successor. Casualment aquest últim GPS, el 09159 va ser el mòdul escollit per l'empresa M-BOT, però degut a que actualment ja no està a la venda, l'hem de suprimir de la nostra llista, i seguir amb la selecció.

Els candidats a ser el nostre GPS que ens queden, són els següents: GPS-11067, GPS-10995, GPS-10920 i GPS-11058.

Recordem, que l'electrònica del nostre robot va situada a dins d'una caixa d'alumini tancada. És per això que per qüestions de seguretat en el funcionament del nostre GPS, per tal d'evitar interrupcions en la capta del senyal del GPS, necessitem un GPS amb capacitat de connectar-li una antena. Aquesta antena la col·locarem a l'exterior de la caixa d'alumini del nostre robot, d'aquesta manera ens assegurem que el nostre GPS rebrà una bona senyal.,Per tant, el GPS-10995 també pot ser eliminat de la nostra llista de candidats, degut a que no incorpora la possibilitat de connectar-li una antena.

Les característiques dels 3 GPS restants són les següents:

	GPS-11067	**GPS-10920**	**GPS-11058**
Freqüència	1 Hz	20 Hz	20 Hz
Arrencada en fred	142 dBm	148 dBm	148 dBm
Continuïtat després de l'arranc	160 dBm	165 dBm	165 dBm
Temps d'arrencada en fred	38 seg	29 seg	29 seg
Precisió	2.5 m	2.5 m	2.5 m
Nombre de canals	12	65	65
Tamany fitxer	19mm x 19mm x 2.54mm	10mm x 10mm x 1.3mm	10mm x 10mm x 1.3mm
Consum	132 mW	67 mW	67 mW
Midsa	2.8 cm x 3.2 cm	3.2 cm x 1.9 cm	2.9 cm x 1.9 cm
Preu	74.95 $	59.95 $	49.95 $

Taula 2.6.13. Comparativa entre diferents models de GPS.

Observant el quadre anterior, arribem a la conclusió que podem eliminar el GPS-11067 degut al seu elevat cost respecte dels altres dos models, tot i que té l'avantatge de que proporciona un fitxer més extens, totes les seves altres característiques són inferiors als altres dos models.

Entre els altres dos models, veiem que les característiques són gairebé idèntiques, només canvia la mida i el preu. Però la seva diferència principal, no surt al quadre, el GPS-1092 és capaç d'alimentar-se entre un rang de 3.5V fins a 16V a través d'un connector JST o bé a 3.3V per subministrament regulat. En canvi el GPS-11058 només és capaç d'alimentar-se en un rang de 2.7V a 3.3V.

Tenint en compte que volem connectar el GPS a la nostre CPU mitjançant una connexió USB (3.3V), no necessitarem tantes opcions d'alimentació. És per això que he escollit el GPS-11058 que ens proporcionarà les mateixes característiques que el GPS-1092 però costarà 10$ menys i ocuparà menys espai al nostre robot.

El GPS escollit és el següent:

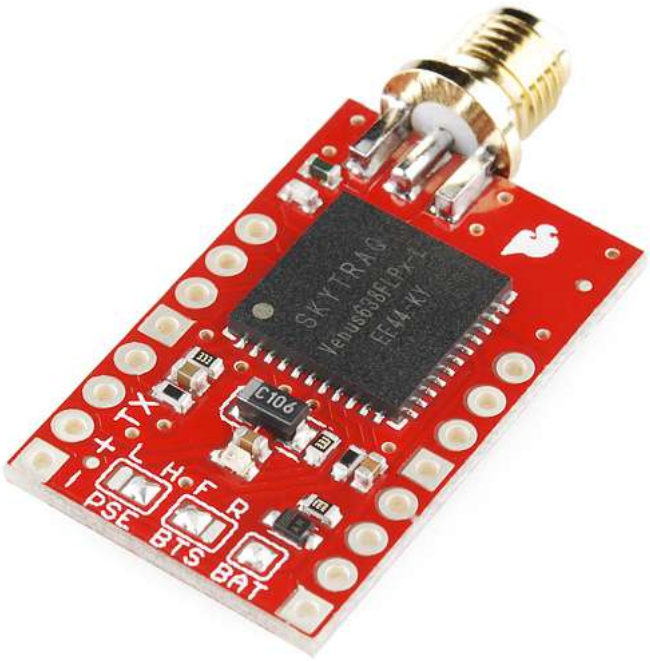


Figura 2.6.14. Imatge del GPS-11058.

Per tal d'aconseguir la connexió USB amb la CPU del robot, necessitarem connectar-hi una targeta d'arrencada bàsica USB FTDI que proporcioni l'alimentació de 3.3V al GPS. La mateixa empresa, ens proporciona FT232RL USB, per 14.95$ la unitat:

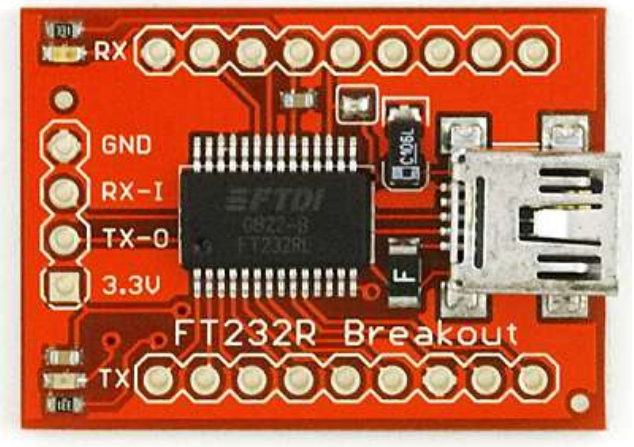


Figura 2.6.15. Imatge de l'adaptador USB FT232R.

Per a connectar aquesta targeta USB al nostre GPS, només ens caldrà utilitzar els pins GND, RX, TX i 3.3V de la tarja i soldar-los al GPS. Que tal i com podem veure a la imatge del dors del GPS, es troben tots els pins ben explicats.

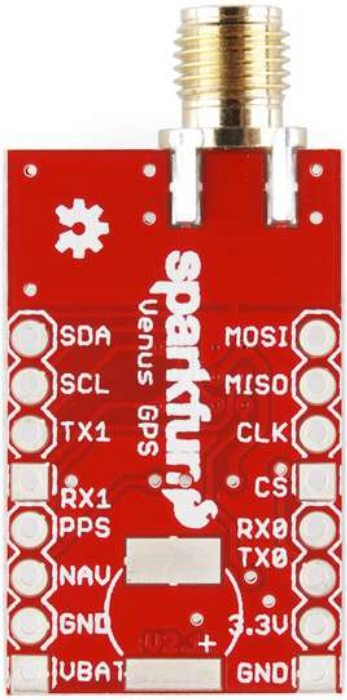


Figura 2.6.16. Imatge part dorsal del GPS-11058.

Una vegada disposem de la tarja USB, ara només ens falta una antena per a obtenir una bona senyal del GPS. He escollit una antena molt econòmica (12.95$ la unitat), està dissenyada per a GPS col·locats a automòbils:

Figura 2.6.17 Imatge de l'antena del GPS.

Altres motius pels quals he escollit aquesta antena és que es tracta d'una antena amb un volum molt reduït i, situada a damunt de la caixa del robot, passarà gairebé desapercebuda. A més, és una antena imantada; és a dir, disposa d'un imant com a fixació que és capaç d'aguantar en un vehicle fins a una velocitat de 160km/h, pel que facilitarà molt el seu muntatge.

2.6.3.8. Acceleròmetre

El nostre robot tal i com hem dit en altres ocasions, és un robot tot terreny que és capaç de circular per terrenys abruptes. Per tal de tenir un bon control del robot, saber la direcció i controlar-ne el moviment en tot moment, hem incorporat un sensor de moviment.

Hi ha diversos tipus de sensors de moviments, el més bàsic és l'acceleròmetre que ens retorna els valors de l'acceleració lineal de l'eix (depenent del model pot tenir de 1 a 3 eixos), el que avarca tots els moviments lineals és el de 3 eixos:

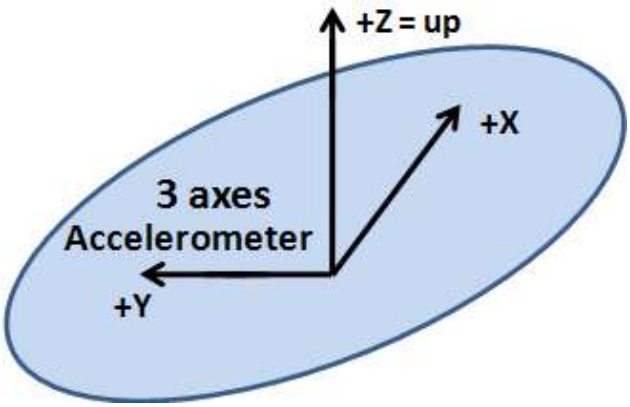


Figura 2.6.18. Esquema dels eixos d'acceleració lineal.

Un altre tipus de sensor de moviment, és el sensor de gir dels eixos, també molt utilitzat ja que ens mesura els girs que es produeixen en els eixos, el que ens informa de qualsevol gir és el sensor de gir de 3 eixos:

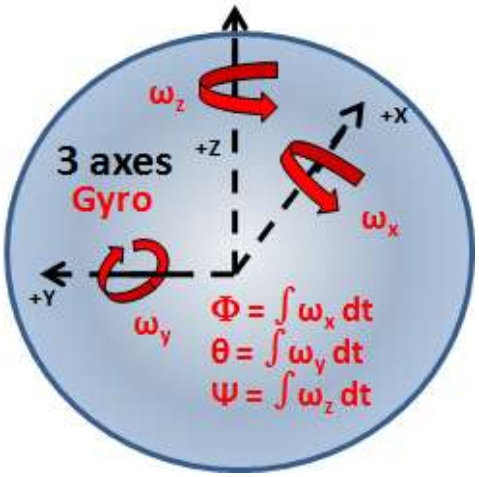


Figura 2.6.19. Esquema dels eixos de gir.

Una vegada ja controlem els moviments lineals i els girs, amb un magnetòmetre podem controlar la direcció del nostre robot, també utilitzant-ne un de 3 eixos per a controlar tots els moviments possibles:

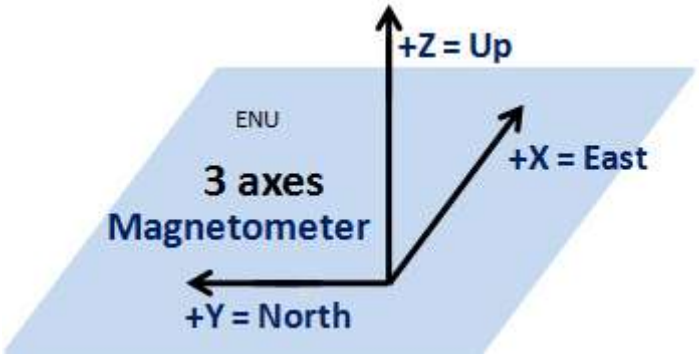


Figura 2.6.20. Esquema del magnetòmetre.

El magnetòmetre de forma ocasional pot provocar algun error, degut als materials pesants o lleugers que es pot trobar el nostre robot, tot i així serà fonamental per controlar-lo a distància.

Un altre sensor també bastant utilitzat, és el sensor de pressió, tot i que en el cas del nostre robot no crec que sigui necessari, ja que el nostre robot no serà exposat a fortes variacions de pressió.

Per tant hem arribat a la conclusió que unint els 3 primers tipus de sensors aconseguirem un control total del nostre robot, aconseguint un sistema de 9 eixos amb 9 graus de llibertat:

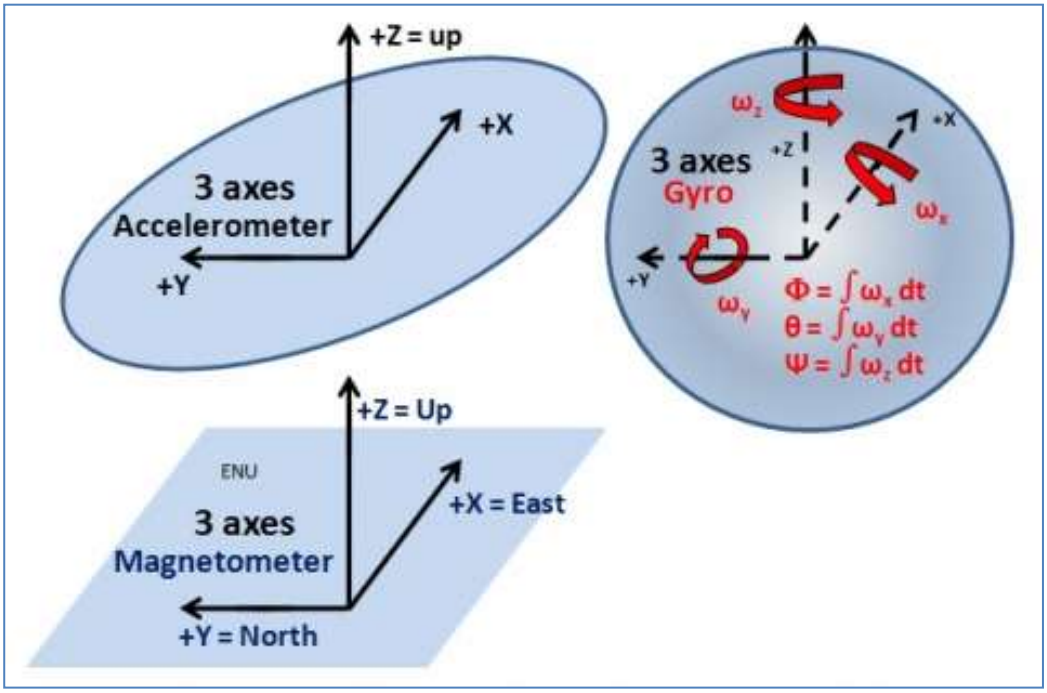


Figura 2.6.21. Combinació dels 3 eixos.

Amb aquests 3 sensors controlarem els moviments lineals, els girs i també la direcció. No podem prescindir de cap d'aquests sensors, ja que llavors el nostre robot no estaria controlat en tot moment.

L'empresa M-BOT que va escollir el sensor, també va creure que el nostre robot necessitava els 3 tipus de sensors, per a un perfecte control.

Després de buscar diferents sensors, hem escollit comprar-lo a SparkFun ja que té una amplia gama de sensors com els que busquem.

Els sensors amb els 9 graus de llibertat tal i com hem comentat, són tres: SEN-10125, SEN-09623 i el SEN-09510. Les característiques dels tres són gairebé idèntiques.

Una de les diferències però que tenen és la forma d'aconseguir els 9 graus de llibertat, ja que han de combinar diversos sensors:

9 graus llibertat	SEN-10125	SEN-09623	SEN-09510
Acceleròmetre	ADXL345 – acceleròmetre de triple eix	ADXL345 – acceleròmetre de triple eix	ADXL345 – acceleròmetre de triple eix
Gir 3 eixos	•ITG-3200 - triple-axis digital-output gyroscope	• LY530ALH - 300°/s single-axis gyro • LPR530ALH - 300°/s dual-axis gyro	• LY530ALH - 300°/s single-axis gyro • LPR530ALH - 300°/s dual-axis gyro
Magnetòmetre	HMC5843 - triple-axis, digital magnetometer	HMC5843 - triple-axis, digital magnetometer	HMC5843 - triple-axis, digital magnetometer

Taula 2.6.14. Comparativa entre diferents models d'acceleròmetres.

Tal i com podem veure el SEN-10125per a obtenir els tres eixos de gir només utilitza un sensor, mentre que els altres dos necessiten la combinació de dos sensors.

Sobre la resta de característiques són molt semblants, l'única diferència és que al software inicial el SEN-1025 incorpora un menú d'ajuda.

Els tres es poden controlar per USB afegint un FTDI Basic Breakout, distribuït per la mateixa empresa, i que costa 7.57€ l'unitat.

Figura 2.6.22. Imatge l'adaptador USB FTDI Basic Breakout.

De les tres versions dels sensors de 9 graus de llibertat, actualment ja només es fabrica la SEN-10125, que és el successor de les altres dues versions, per tant escollirem aquest sensor, que costa 60,87€ la unitat.

Figura 2.6.23. Imatge de l'acceleròmetre SEN-10125.

L'empresa M-BOT va escollir el sensor SEN-09623 que en el seu temps era el successor del SEN-09510, però actualment havent-hi una versió millor, és per això que escolliríem el SEN-10125.

2.6.3.9. Bateria

La bateria per al nostre robot és molt important ja que és la font d'alimentació de tot el robot quan aquest està operant en espai obert. És per això que la correcta elecció d'aquest component, ens proporcionarà grans avantatges, ja sigui en l'autonomia de l'equip o bé en l'espai i pes del robot.

La primera elecció que haurem de realitzar, és el tipus de bateria que volem incorporar al nostre robot, actualment hi ha una amplia varietat de bateries al mercat, però les més utilitzades del mercat utilitzades en vehicles elèctrics són les de: plom, níquel-cadmi, níquel-hidrur metàl·lic, níquel zinc, zebra (clorur de sòdic), ions de liti i polímer de liti.

	Avantatges	**Inconvenients**
Plom	-Més econòmiques del mercat.	-Altament contaminants. -Vida i autonomia limitada. -Pes excessivament elevat.
Níquel-cadmi (Ni-Cd)	-Llarga durada de la vida útil.	-Contaminant. -Efecte memòria molt elevat (reducció de la capacitat de la bateria en cada recàrrega).
Níquel-hidrur metàl·lic (Ni-Mh)	-No té efecte memòria.	-Gran capacitat d'auto descàrrega.
Níquel zinc (Ni-Zn)	-No contaminants. -Gran densitat energètica.	-Dos vegades més cares que les bateries de plom.
Zebra (clorur de sòdic)	-No té efecte memòria. -És 100% reciclable	-És una bateria calenta, arriba a alts nivells de temperatura.
Ions de liti (Li-ion)	-No té efecte memòria. -Densitat energètica important.	-Descàrrega limitada. -Preu molt elevat.
Polímer de liti (LiPo)	-Tamany i pes molt reduït. -Densitat energètica i descàrrega superior a les bateries Li-ion. -Gran durada de la vida útil.	-Encara té un preu molt elevat.

Taula 2.6.15. Comparativa entre diferents tipus de bateria.

Per tant, atenent a les característiques que necessitem per al nostre robot, podem realitzar les següents valoracions:

- Bateria de plom: degut al seu pes excessivament elevat, ocasionaria al nostre robot dificultats en el moviment i l'equilibri, és per això que la descartem de la nostra llista.
- Bateria de níquel-cadmi: la podem descartar per l'elevat efecte memòria que conté, ja que ens limitaria molt l'autonomia del robot a llarg termini.

- Bateria de níquel-hidrur metàl·lic: aquesta la descartem segut a la capacitat d'auto descàrrega que té, això ocasionaria que mentre no utilitzem el robot la bateria es descarregaria, i això no ens interessa.
- Bateria de zinc: té un preu excessivament elevat, és per això que la descartem tot i que podria servir si el robot tingues un elevat pressupost de fabricació.
- Bateria de zebra: tenint en compte que l'electrònica i la bateria del robot, van situats en un espai reduït a dins d'una caixa d'alumini tancada, l'elecció d'aquesta bateria provocaria que a dins de la caixa s'arribés a altes temperatures, danyant tots els components electrònics.
- Bateria ions de liti: aquesta bateria, podria servir per al nostre robot tot i tenir un preu alt. Si no en trobéssim cap bateria millor, escolliríem aquesta per al nostre robot.
- Bateria polímer de liti: sense cap mena de dubte, escollirem aquesta. Les raons són molt diverses, té un tamany i pes reduït cosa que afavoreix molt al nostre robot, supera en densitat energètica i descàrrega a la bateria de ions de liti i a més té una llarga vida útil. L'únic inconvenient és que el preu és elevat, però ateses les seves característiques, valdrà la pena.

Per tant l'elecció del tipus de bateria que utilitzarem al nostre robot, és la bateria de polímer de liti (LiPo), aquestes bateries es distribueixen normalment de 4 formes diferents utilitzant cel·les amb un voltatge nominal de 3,7V amb un màxim de 4,2V i un mínim de 3,0V:

- Li-Po 1S: una cel·la, 3,7 V.
- Li-Po 2S: dos cel·les, 7,4 V.
- Li-Po 3S: tres cel·les, 11,1 V.
- Li-Po 4S: quatre cel·les, 14,8 V.

Nosaltres utilitzarem la Li-Po 4S obtenint una tensió de 14,8V. Ara ens faltarà escollir la carga elèctrica de la bateria, la càrrega elèctrica de la bateria és la que decidirà el temps de descàrrega que tindrà la bateria, es calcula de la següent manera:

$$Temps\ de\ descàrrega = \frac{Càrrega\ elèctrica\ bateria}{Consum\ elèctric\ del\ robot}$$

Per tant, com més càrrega elèctrica tingui la nostra bateria, més autonomia obtindrà el nostre robot, tot i que també hem de tenir en compte el pes i la mida de la bateria, és per això que hem de trobar un equilibri. Les diferents bateries de 14,8V aptes per al nostre robot són les següents:

Bateries de 14,8 V	Màxima descarga (A)	Dimensions (mm)	Pes (g)	Preu (€)
5800 mAh	15	168 x 55 x 30	495	51,74
6000 mAh	6,5	169 x 52 x 30	482	79,55
10000 mAh	6,5	203 x 80 x 30	920	123,59
16000 mAh	6,5	168 x 152 x 30	1460	201,14
20000 mAh	15	205 x 150 x 31.5	1866	278,02

Taula 2.6.16. Comparativa entre diferents models de bateries.

Tenint en compte la relació entre la càrrega elèctrica, dimensions, pes i preu, crec que la millor opció és escollir la bateria de 10Ah.

Figura 2.6.24. Imatge de la bateria Li-Polymer de 10Ah.

Si calculem el consum elèctric aproximat del robot, utilitzant la formula explicada anterior, podrem calcular l'autonomia aproximada que tindrà el nostre robot amb la bateria escollida.

$$Temps\ de\ descàrrega = \frac{Càrrega\ elèctrica\ bateria}{Consum\ elèctric\ del\ robot} = \frac{10000\ mAh}{9{,}293\ A} = 1{,}07\ h$$

L'autonomia aproximada del robot serà de 1,07 hores. Però aquesta autonomia és aproximada ja que per a calcular-la només hem agafat els valors de consum dels dos elements que més consumiran, la CPU i els 4 motors. Per tant si hi afegim els valors de tots els components, podem concloure que l'autonomia aproximada del nostre robot serà inferior a 1,07 hores.

Sabent la càrrega elèctrica de la bateria, també podem calcular l'energia emmagatzemada de la bateria, per fer-ho utilitzarem la següent formula:

$$Energía\ acumulada\ de\ la\ bateria = Càrrega\ elèctrica \cdot 3600 \cdot voltatge\ bateria$$

$$Energia\ acumulada\ bateria = 10000\ mAh \cdot 3600 \cdot 14{,}8\ V = 532{,}8\ KJ$$

Però una vegada descarregada la bateria, utilitzant un carregador de bateries especial per a carregar aquest tipus de bateries, podrem carregar-la i tenir-la en plenes condicions. Aquest tipus de carregador, ens el proporciona el mateix fabricant de la bateria, i costa 17,66€.

Figura 2.6.25. Imatge carregador de bateries.

2.6.3.10. PCB

La nostra bateria alimenta a 14,8V però la càmera necessita 48V, per tant necessitarem un convertidor DC-DC que ens proporcioni aquests volts. A més la PCB també conté 4 fusibles com a mesura de protecció i un diode per a facilitar el mètode de carregar la bateria.

Mitjançant dos relés, el "ALIM_COM" i el "ELECT" gestionem la forma de carregar la bateria, d'alimentar el robot de forma externa o utilitzant la pròpia bateria.

A més tenim tres relés més, el "MOTOR" (que desactiva els motors quan no utilitzem la bateria), el "RELE_CONEXION" (que controla l'alimentació del router, de la càmera i del motor) i el "RELE_EMERG" (que utilitzarem com a mesura de seguretat, desconnectant els motors).

Per tant és necessari tenir una PCB per a que realitzi totes aquestes accions, a més també ens facilitarà la feina a l'hora de connectar tots els components del robot.

A continuació anirem explicant el circuits per parts ja que ens resultarà més fàcil d'entendre, començarem per la forma d'alimentació:

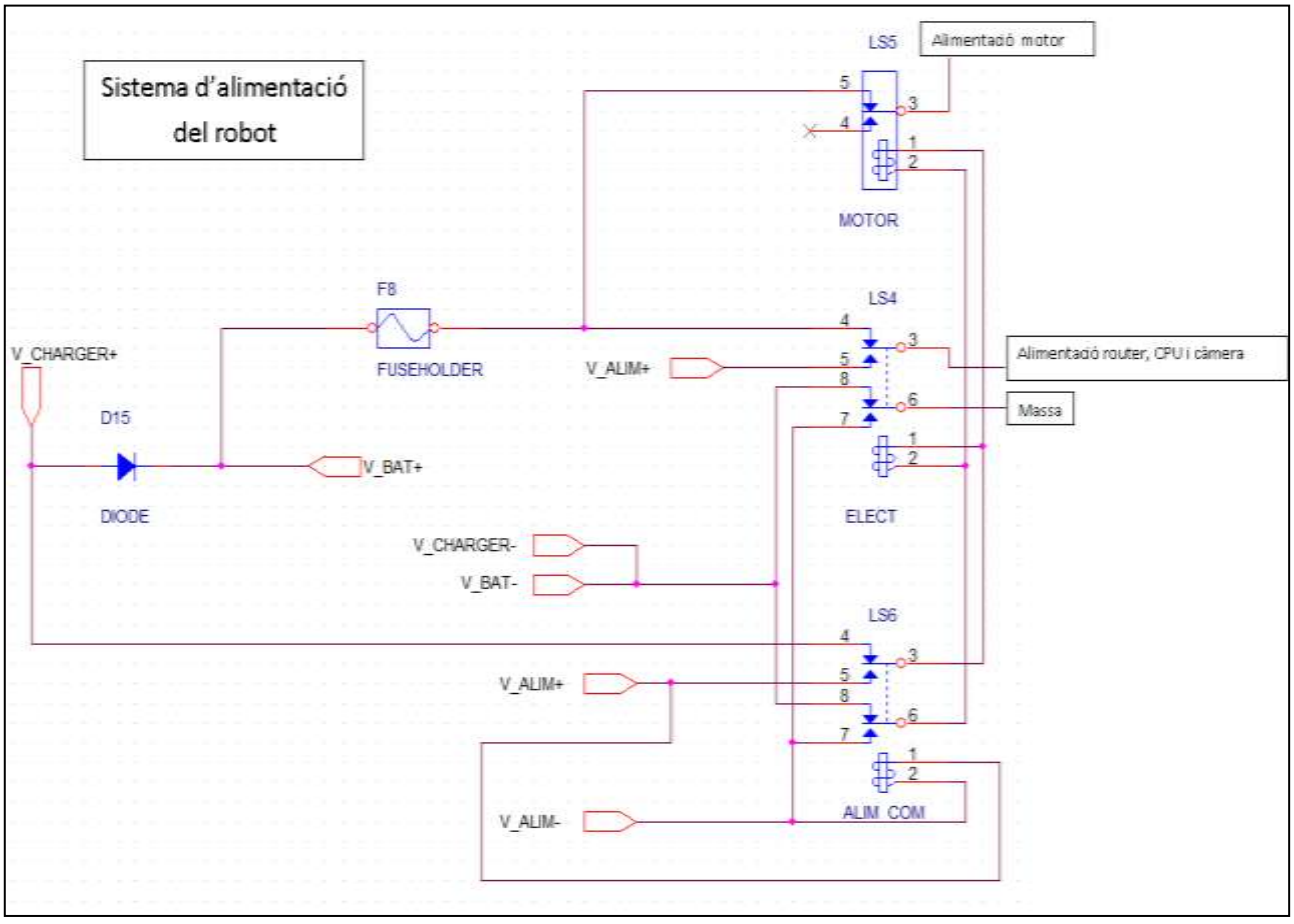


Figura 2.6.26. Esquema sistema d'alimentació del robot.

Per alimentar el robot tenim tres possibilitats: utilitzar la bateria, connectar el carregador de la bateria o bé connectar el robot directament a l'alimentació.

- CAS 1 (utilització de bateria): és el cas més senzill, després de passar per un fusible, alimentem el motor, la CPU, el router i la càmera per defecte. El diode provoca que només puguem tenir aquesta possibilitat de funcionament.

- CAS 2 (connectem el carregador): al connectar el carregador, automàticament carreguem la bateria passant per el diode, desconnecta els motors i desconnecta el router, la CPU i la càmera de la bateria, de forma que es connecten a l'alimentació, que en aquest cas no hi haurà res.

- CAS 3 (connectem el robot a l'alimentació externa): en aquest cas, no ens influeix l'estat en que es trobi el robot, ja sigui connectat bateria o al carregador, aquest cas sempre té prioritat. Connecta automàticament la CPU, el router i la càmera a l'alimentació externa (si ja ho estaven, es queden igual) i també desactiva el motor (si ja ho estava, és queda desactivat).

L'ordre dels casos, no influeix per a res entre ells ja que el CAS 3 sempre domina i després d'aquest va el CAS 2. Com hem pogut observar els motors del robot només funcionaran amb la bateria, mentre que la resta d'elements si que podran funcionar mitjançant l'alimentació externa. Tot aquest sistema ens proporciona un bon sistema d'alimentació del robot de forma automàtica, sense tenir que utilitzar cap interruptor o polsador per seleccionar el sistema a utilitzar.

Ara veurem el sistema de polsadors que utilitzem per a posar en marxa tot el sistema:

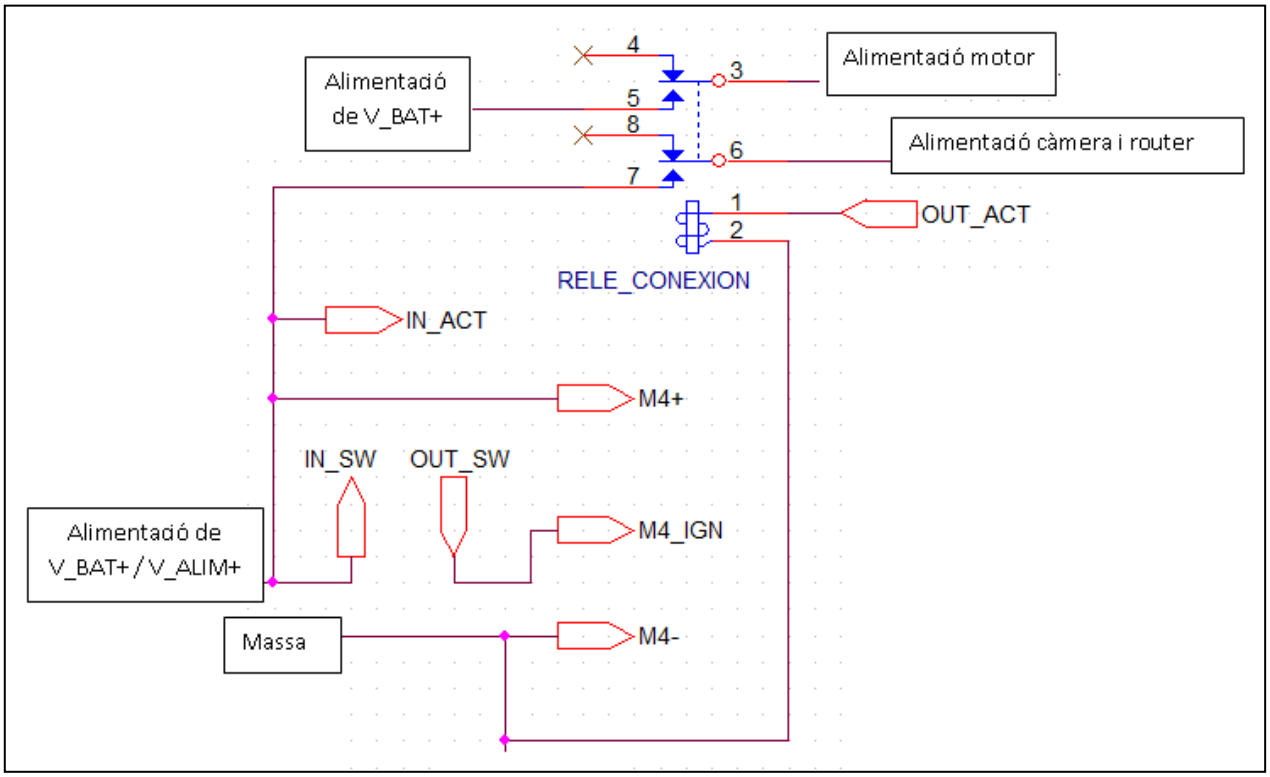


Figura 2.6.27. Esquema del funcionament del polsador.

Tal i com hem vist a l'apartat de l'M4, per arrancar la CPU necessitem que "M4_IGN" estigui sempre connectat, en el moment que li tallem l'alimentació, s'apagarà de forma automàtica. Per tant per a que funcioni la CPU només hem d'activar l'interruptor "IN_SW / OUT_SW". Per tal d'alimentar el motor, el router i la càmera, necessitem activar l'interruptor "IN_ACT / OUT_ACT".

Ja per acabar, només ens falta el paro d'emergència i el convertidor DC-DC:

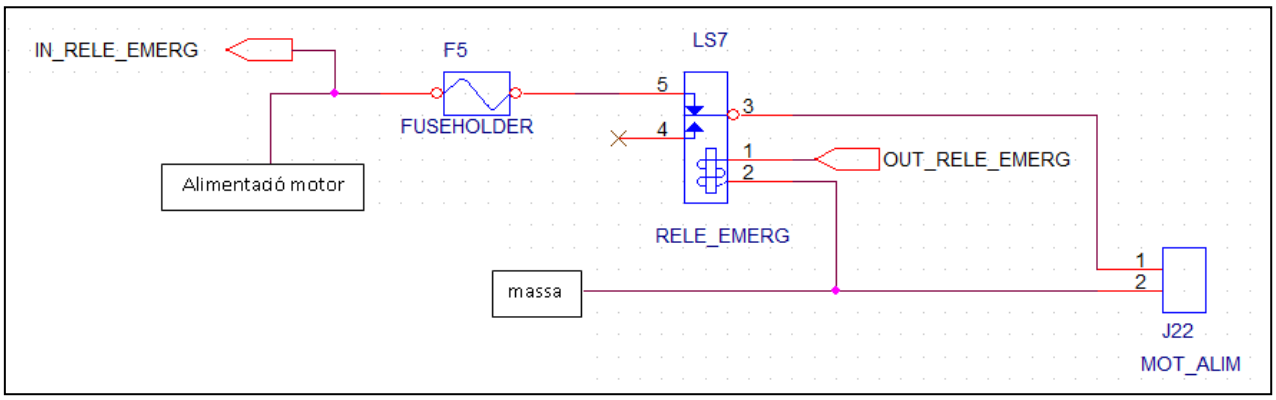


Figura 2.6.28. Esquema paro d'emergència.

D'aquesta forma, en qualsevol moment quan polsem el paro d'emergència, automàticament desconnectarem l'alimentació del motor, i fins que no tornem el paro al seu lloc, seguirà així. Aquest és un sistema de seguretat per a evitar danys al robot, de tal forma que només desconnecta el motor i deixa la resta d'aparells iguals.

Aquesta última part del circuit, és la que alimenta a la càmera (POE 48V) i al router.

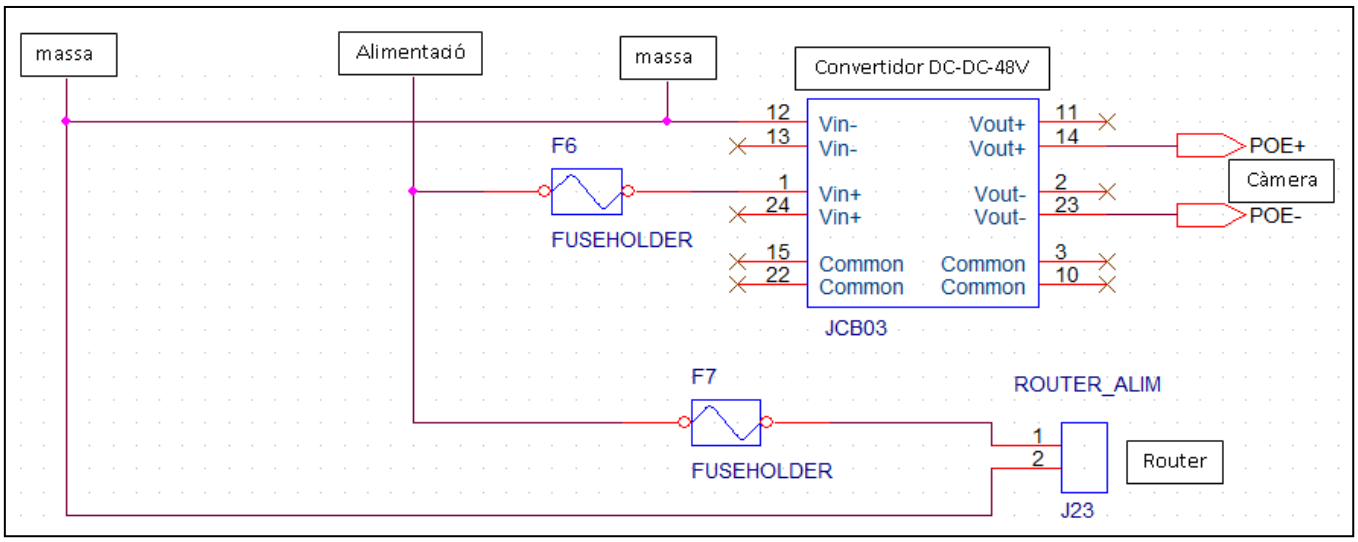


Figura 2.6.29. Esquema de l'alimentació del router i la càmera.

Ara ja només cal ajuntar totes les parts del nostre circuit i el resultat és el següent:

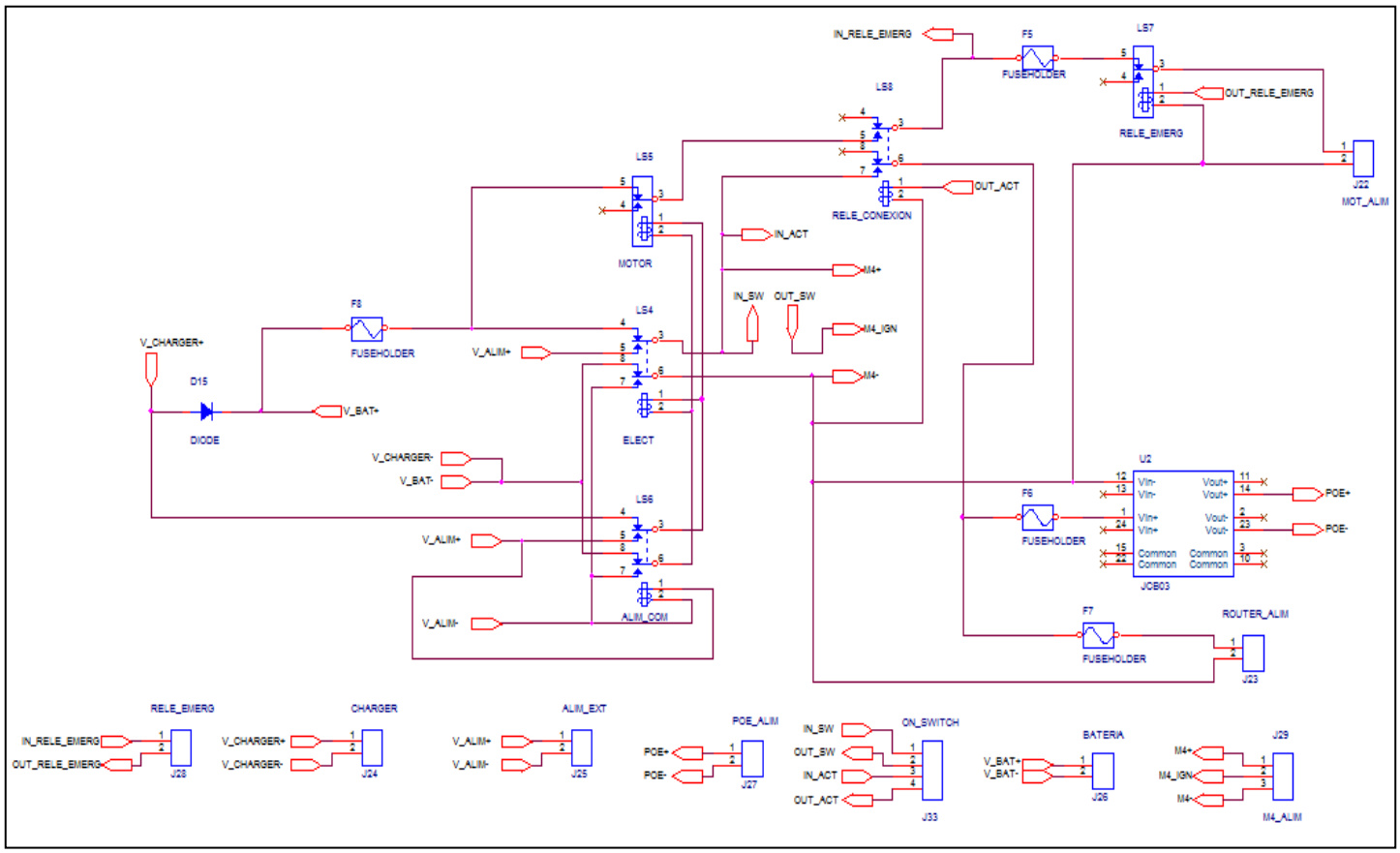


Figura 2.6.30. Esquema complert de la PCB.

Com veiem a la part de baix de la imatge, hem agrupat les sortides i entrades per tal de facilitar les connexions.

La impressió final de la placa utilitzant les dues cares, ha estat la següent:

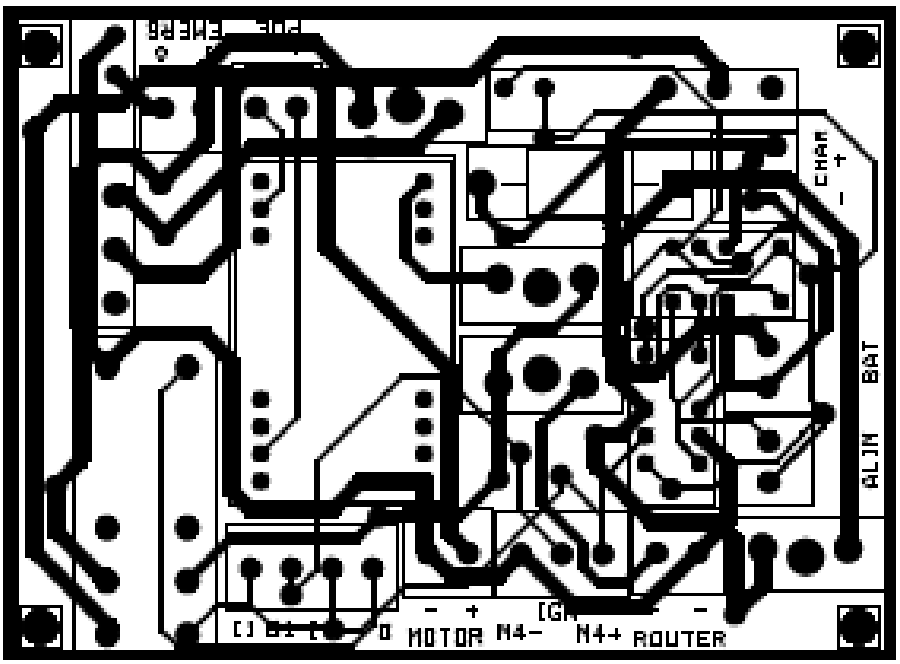


Figura 2.6.31. Esquema del layout de la PCB.

2.6.3.11. Interruptor seleccionador

L'interruptor seleccionador, serà l'encarregat d'arrancar tot l'equip, l'empresa M-BOT va escollir l'interruptor de Bulgin MP0045/1E2BL012 que ha costat 13,89 €:

Figura 2.6.31. Imatge de l'interruptor MP0045/1E2.

Aquest interruptor, és un interruptor "D.P.C.O. Latching action", és a dir un interruptor amb canvi de doble pol, que al ser seleccionat, es queda així fins a nova pulsació, també consta amb una zona d'apagada estable. L'esquema del nostre interruptor és el següent:

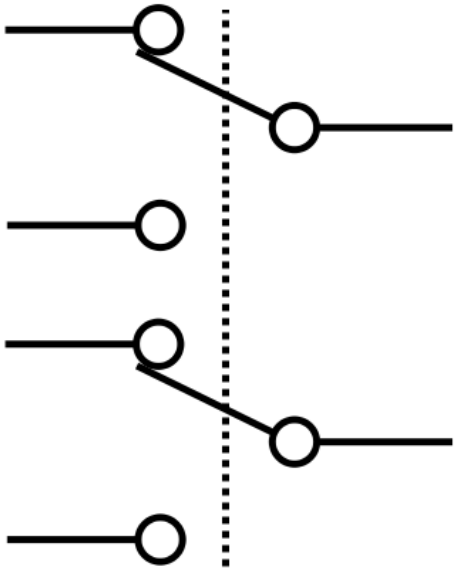


Figura 2.6.32. Esquema d'un interruptor D.P.C.O.

No obstant, l'empresa va escollir aquest tipus de polsador ja que en un principi, es volia utilitzar també per a controlar el sistema d'alimentació, és a dir, per escollir si s'utilitza la bateria, el carregador o bé alimentació externa. Però tal i com hem vist a l'apartat de la PCB, aquesta selecció es produeix de forma automàtica mitjançant els relés de la PCB, per la qual cosa, ja no és necessari aquest tipus de polsador. Per tant ara l'única funció que tindrà el nostre polsador serà la d'arrancar tot l'equip.

Per arrencar tot l'equip, ho podem fer amb un polsador d'ON/OFF, ja que per a encendre la CPU només ens cal activar l'ignition de la M4, que al desactivar-la realitzarà la funció d'apagada automàtica a la CPU. Per altra banda, necessitem activar el contacte de la PCB (OUT_ACT) per a donar corrent als motors, càmera i al router, però això es pot fer mitjançant el mateix contacte que per a l'ignition de la M4.

D'aquesta forma quan encenguem la CPU, ho encendrem tot. En canvi, quan desactivem l'ignition de la M4, també desactivarem els motors, càmera i el router, però la CPU seguirà en funcionament fins que al cap dels segons seleccionats per la M4, que llavors s'apagarà de forma automàtica.

D'aquesta manera, hem aconseguit simplificar el sistema d'arrencada i reduir costos. L'interruptor més adequat per a aquesta situació és un simple ON/OFF d'un sol pol:

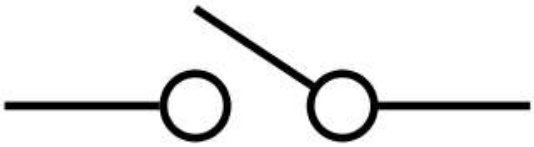


Figura 2.6.33. Esquema d'un interruptor simple.

He escollit l'interruptor MPL027 de Bulgin, és un interruptor d'acer inoxidable i molt resistent ja que està dissenyat per a ser resistent al vandalisme:

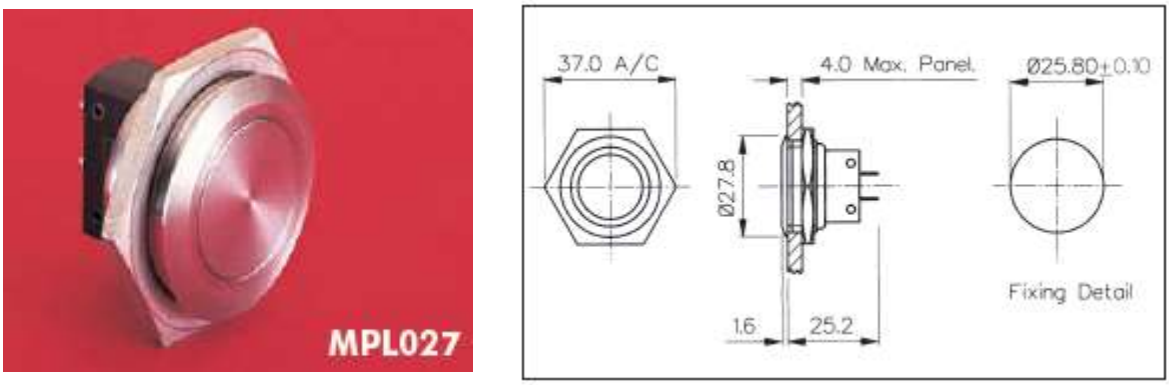


Figura 2.6.34. Imatge de l'interruptor MPL027

Instal·lant aquest interruptor, aconseguim reduir-ne la longitud a 1,3cm respecte de l'altre model escollit per M-BOT. El principal distribuïdor d'aquesta marca a Espanya, és una empresa anomenada Farnell on el seu preu d'aquest polsador és de 10,50 €, és a dir 3,39€ més barat.

Per tant amb aquest connector aconseguim: un producte més resistent, simplicitat a l'hora d'encendre el robot, reducció d'espai i reducció del cost.

2.6.3.12. Paro d'emergència

El paro d'emergència, serà una mesura de seguretat del nostre robot, que desconnectarà l'alimentació dels motors (parant el moviment del robot) al ser polsat. Per tant necessitem un polsador normalment obert, que al polsar-lo es tanqui. He mirat al mateix distribuïdor que el polsador seleccionar (Farnell) ja que d'aquesta manera, s'aprofitarien els costos d'enviament.

El producte d'aquest distribuïdor que coincideixi amb les nostres característiques és el polsador del fabricant EAO, i el model és el 84-5040.0020 capaç de suportar fins a 42V DC i 13A, el cost d'aquest producte és de 22,45€.

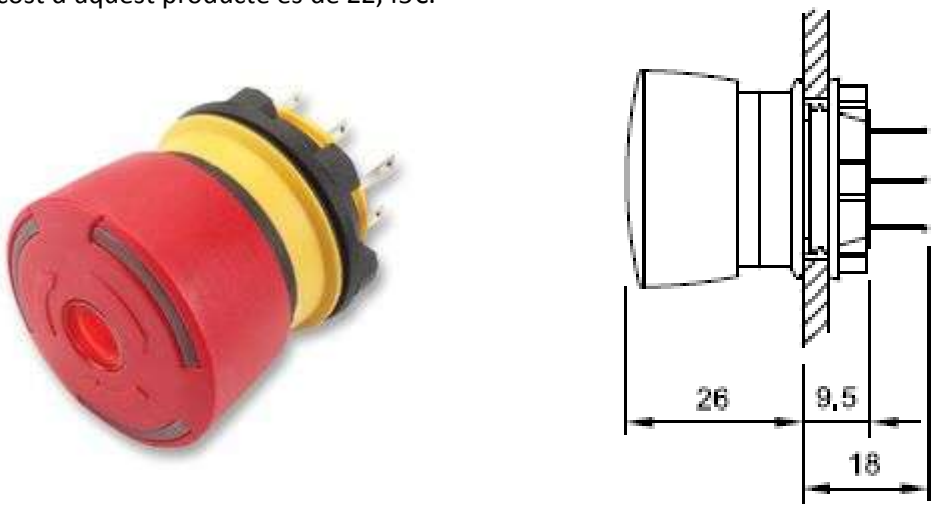


Figura 2.6.35. Imatge del paro d'emergència.

2.6.3.13. Ventilador

Tots els components del nostre robot es troben fixats a la xapa d'acer inoxidable, i aquesta subjectada a l'interior d'una caixa d'alumini. De tal manera que tots els components queden protegits a dins de la caixa, però el problema de tenir tots els components a dins de la caixa, és la refrigeració ja que a dins no hi circula l'aire.

Per tal d'evitar cap problema per el sobreescalfament d'algun dispositiu és millor incorporar un ventilador de petites dimensions a una de les parets de la caixa, fent circular l'aire a dins del robot i refrigerant els dispositius.

El ventilador que necessitem és un ventilador amb unes dimensions reduïdes i que estigui alimentat a 12V, igual que en el cas anterior hem mirat la distribuïdora Farnell ja que ens facilitarà les coses. I els productes que encaixen amb aquestes característiques són tres: MCKD1204PFS2.11.GN de la marca MULTICOMP, 1604KL-04W-B50-B00 de la marca NMB TECHNOLOGIES i el 412F de la marca EBM PAPST.

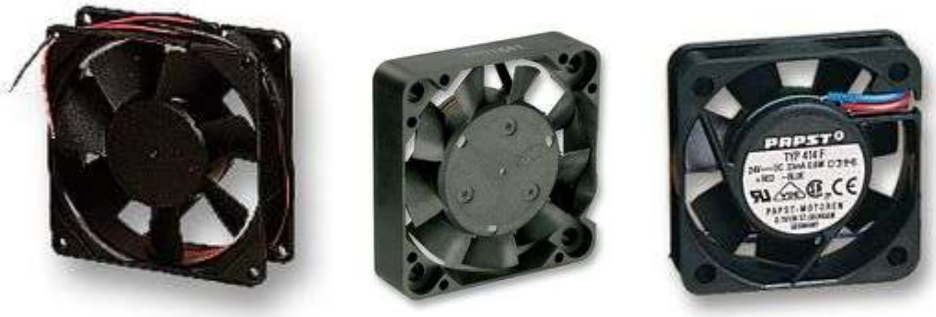


Figura 2.6.36. Imatges de diferents models de ventiladors.

Tots aquests tres ventiladors tenen la mateixa mida (40mm x 40mm x 10mm) i s'alimenten a 12VCC tot i que el seu consum és diferent, és de 1.1W, 0.876W i de 0.7W respectivament. Però la diferència que ens farà decidir quin escollir és el preu ja que el primer és molt més barat que els altres dos. El preu del MULTICOMP és de 6.45€, el del NMB és de 15.56€ i el de EBM és de 17.07€.

Per tant, tot i ser el que consumeix més, el que gira a menys rpm, el preu ens fa decantar pel model MCKD1204PFS2.11.GN de la marca MULTICOMP ja que en relació qualitat preu és el millor. L'empresa M-BOT va escollir el mateix.

Aquest model gira a un màxim de 5800rpm, consumeix 1.1W d'energia i 92mA de corrent.

Per a aquest model existeix un accessori que costa 2.51€, que consta d'un protector d'acer per al ventilador, molt adequat per a evitar qualsevol dany intern o extern al ventilador.

Figura 2.6.37. Imatge del protector d'acer del ventilador.

2.6.3.14. Sistema de tracció

Per al robot, s'ha volgut utilitzar un sistema de tracció i de suspensió, que ens proporcioni el contacte de les quatre rodes del motor a sobre de la superfície en tot moment i a més intenti mantenir sempre la caixa de l'electrònica del robot de forma horitzontal. És per això que s'ha optat per escollir el sistema de tracció Rover.

Aquest sistema, és una modificació del sistema utilitzat en el robot enviat a Mart, "Mars Exploration Rover", és una modificació ja que el nostre sistema utilitza 4 rodes i el sistema que van utilitzar per el robot que van enviar a Mart, n'utilitzava 6 però el sistema és semblant.

El sistema que hem utilitzat, és el següent:

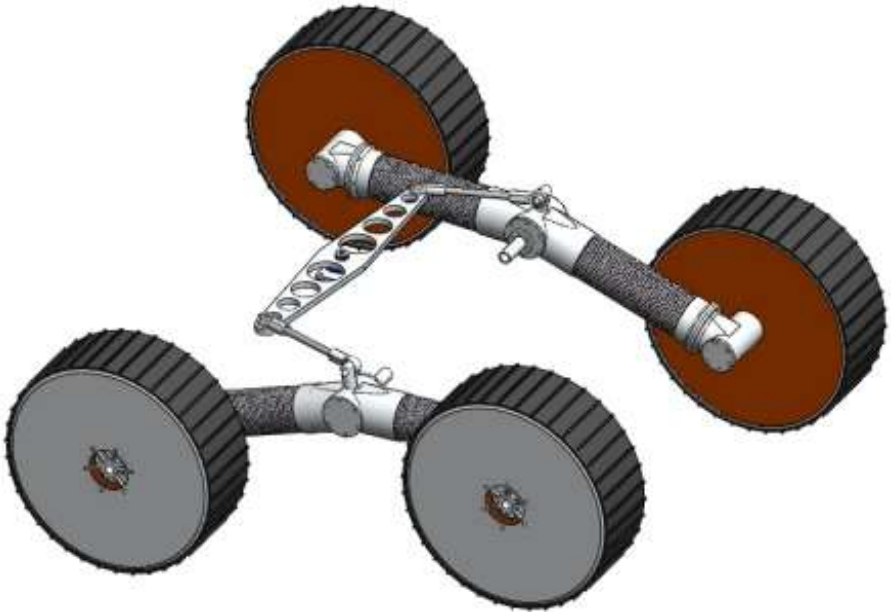


Figura 2.6.38. Esquema del tipus de suspensió utilitzat al robot.

Tal i com podem veure, es tracta d'un sistema de suspensió per mitjà de balancins. Aquest sistema, està format per dos balancins (un en cada lateral) units a la carcassa del robot, fet que permet a aquests balancins girar lliurement. Aquests dos balancins van connectats entre ells per mitjà d'una peça fixada a la part superior de la carcassa, amb la capacitat de girar al voltant del seu centre. El resultat és una suspensió passiva de vinculació cinemàtica, que permet que els balancins puguin moure's en relació del terreny, i que al realitzar el moviment, aquest afecti a l'altre balancí. D'aquesta manera, al trobar un obstacle una roda, proporciona el moviment a les altres rodes facilitant la tracció del robot:

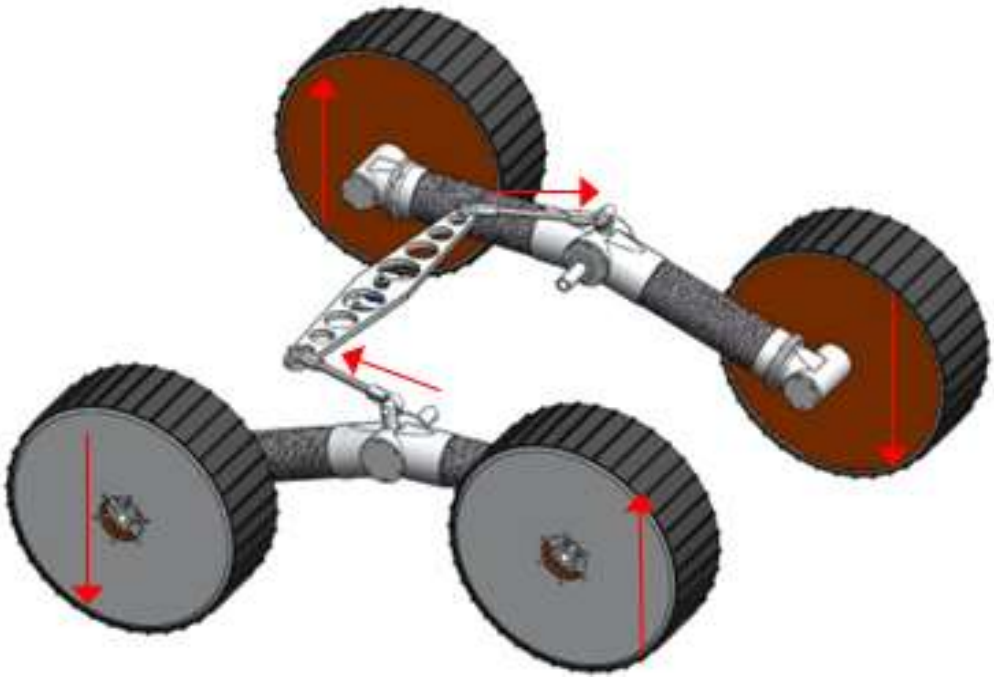


Figura 2.6.39. Il·lustració del moviment que realitza el sistema al trobar un obstacle.

Aquest és el moviment que realitzarà el sistema de balancins del robot, al trobar-se amb un obstacle la roda del davant de la dreta. Aquest moviment, ens permet travessar obstacles més grans que el diàmetre de les rodes, a més augmenta la probabilitat de que les quatre rodes sempre estiguin en contacte amb el terra, fet que ajudarà en el moviment sobre terreny abrupte i desigual. El resultat d'aplicar aquest sistema al nostre robot és el següent:

Figura 2.6.40. Imatge de la part superior de la suspensió del robot SBv3.

Figura 2.6.41. Imatge del robot SBv3.

2.6.4. Distribució components

2.6.4.1. Distribució original

Com ja he esmentat anteriorment, l'electrònica del robot es troba fixada a una planxa d'acer inoxidable, i aquesta planxa a dins d'una caixa d'alumini. La distribució original dissenyada per l'empresa M-BOT conté components a les dues cares de la xapa d'alumini, per facilitar-ne la visualització, mostraré les cares de la xapa per separat.

A continuació es mostra, com queda la distribució dels components electrònics a la part superior de la xapa d'acer inoxidable. Tot i que hem de tenir en compte que la càmera IP no va subjectada a la placa d'acer, sinó a la part superior de la carcassa d'alumini del robot.

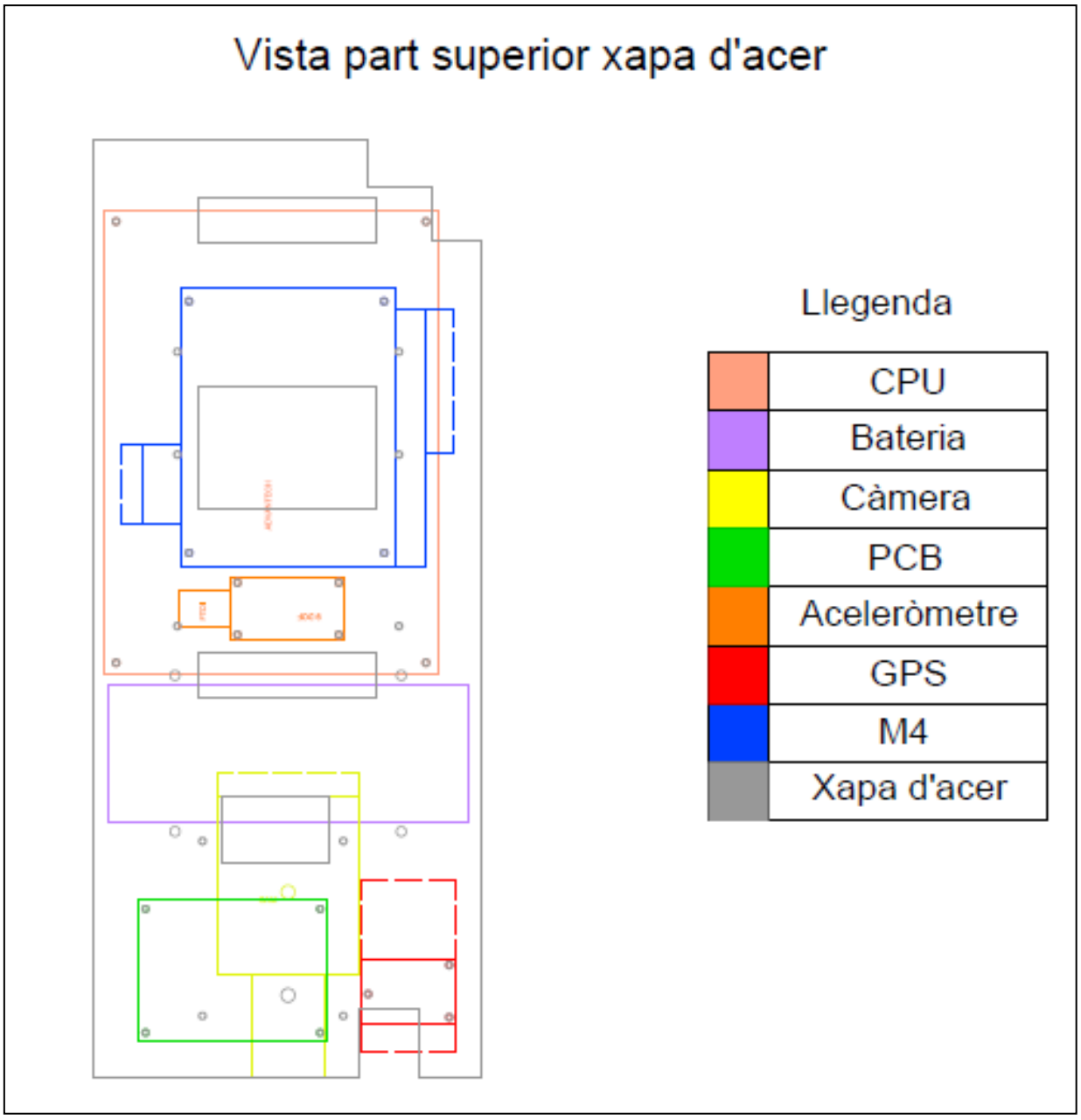


Figura 2.6.42. Esquema distribució del hardware part superior.

Els rectangles que trobem a la xapa d'acer de color gris, són els forats per on passarem els cables per realitzar les connexions entre els components, mentre que les rodones són els forats de la placa on fixarem els components utilitzant cargols, exceptuant la bateria que va fixada mitjançant brides.

Veiem també que hi ha 3 elements que es superposen, a part de la càmera que ja he explicat on va situada. Aquests tres elements són la M4, la CPU i l'acceleròmetre, la seva distribució però és ben senzilla, la M4 i l'acceleròmetre van a la part de sota de la CPU formant 2 pisos d'altura de components a sobre de la xapa d'acer inoxidable, d'aquesta manera s'aprofita al màxim l'espai.

Ara es mostra una vista de la part inferior de la placa, però aquesta vista és des del mateix punt de vista que l'anterior, és a dir no hem girat la xapa per a mirar-la:

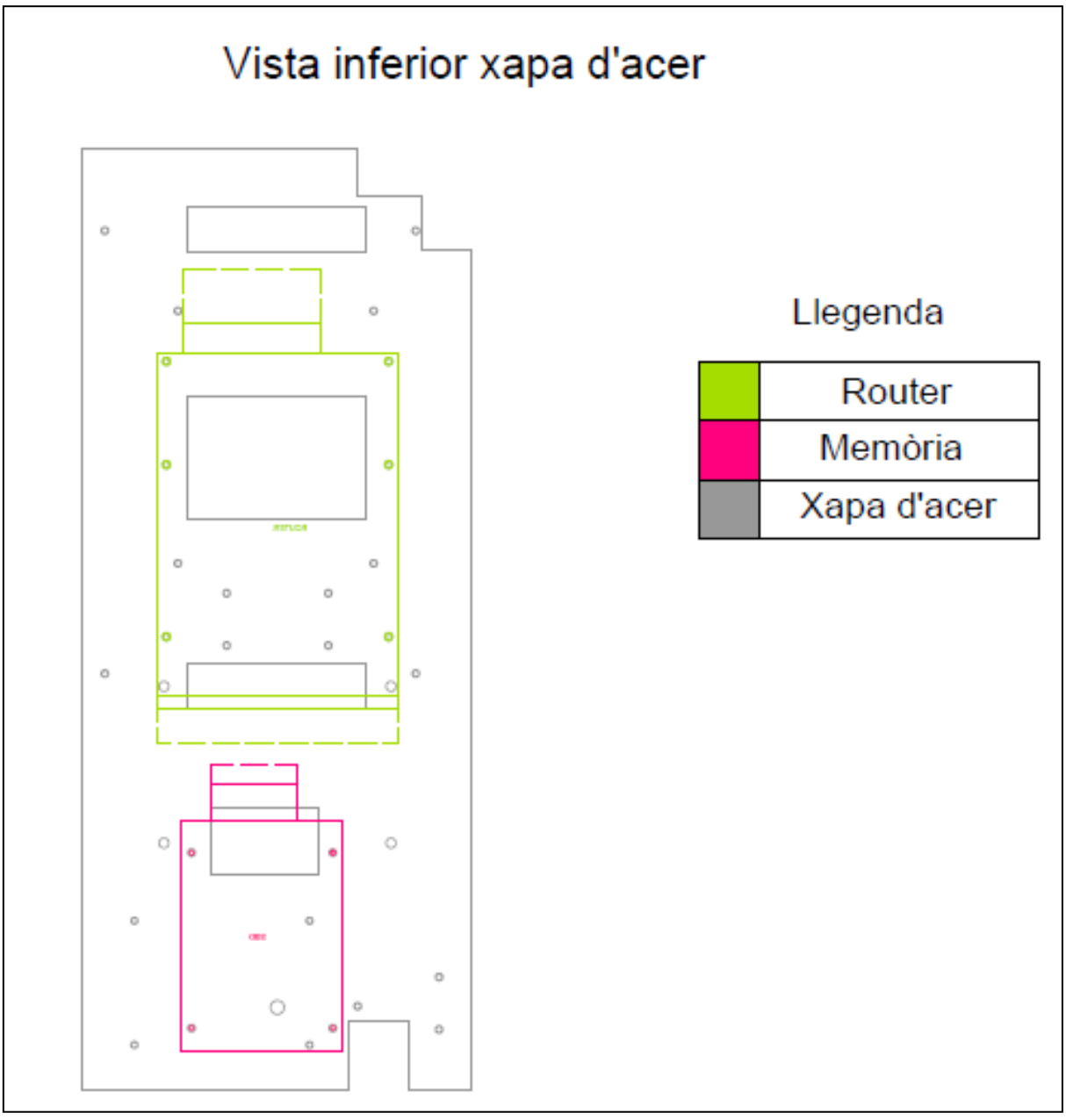


Figura 2.6.43. Esquema distribució hardware part inferior.

Aquesta és la distribució original de la part inferior de la placa, però en aquestes vistes, no he mostrat la part de les connexions del robot que es troben a la paret de la carcassa, aquestes connexions influeixen en la distribució de la placa, ja que com podem veure, la placa té uns encaixos per adaptar-se a aquestes elements. Les connexions exteriors del robot són les següents:

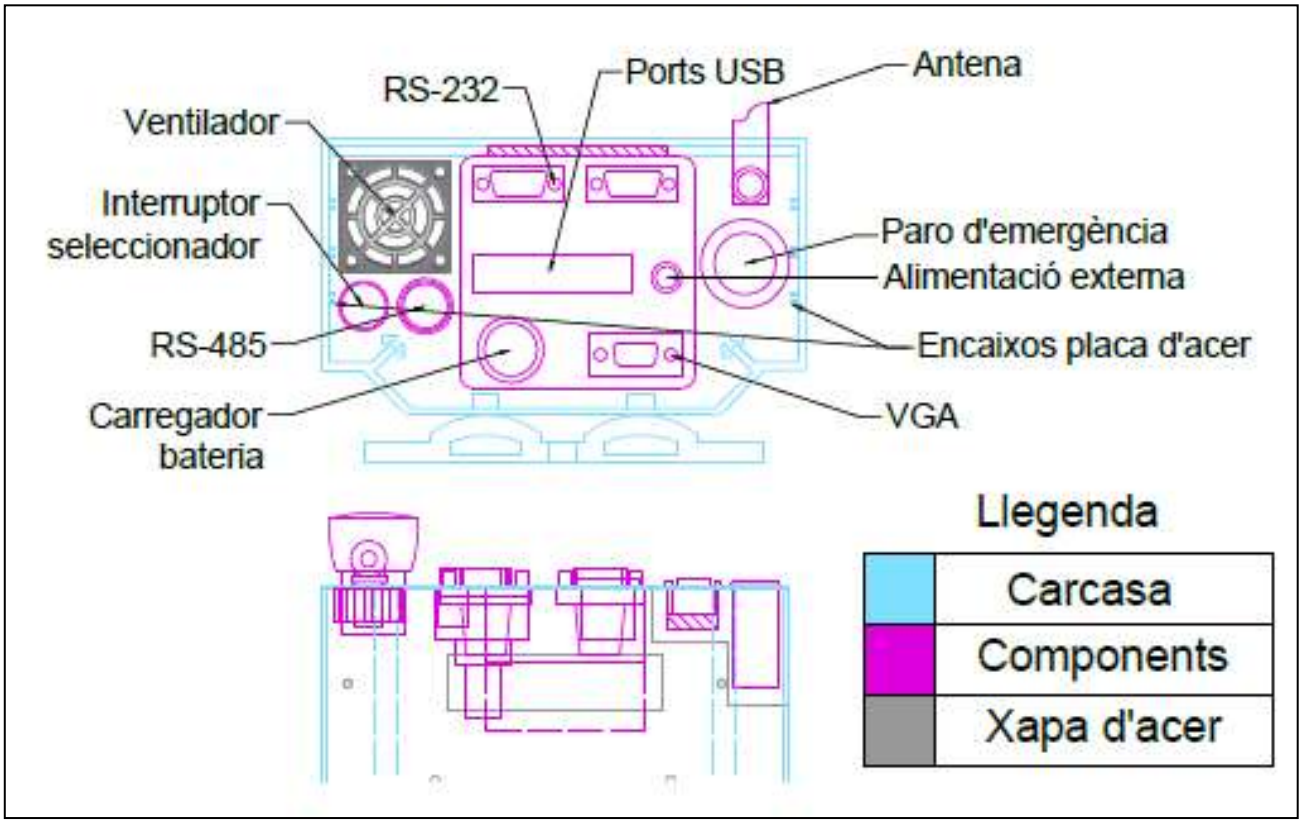


Figura 2.6.44. Esquema connexions.

2.6.4.2. Problemes

Aquest ha estat el disseny inicial que va realitzar l'empresa M-BOT, però en el moment del muntatge m'he trobat amb diversos problemes amb aquest disseny, i he tingut de realitzar-ne diverses modificacions per tal de poder muntar tota l'electrònica del robot a dins de la carcassa d'alumini.

El primer problema, l'han ocasionat les connexions de la CPU, especialment la de l'alimentació que ve de la M4, aquest problema és degut a que el disseny inicial és el següent:

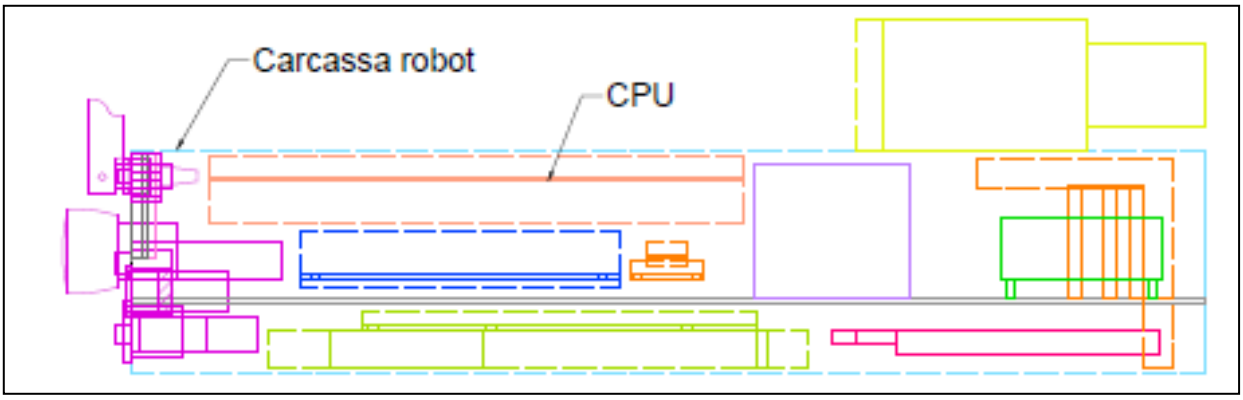


Figura 2.6.45. Vista horitzontal distribució hardware inicial.

Com podem veure entre la CPU i la carcassa del robot, hi ha una separació molt petita, aquesta separació no és la suficient, ja que no s'han tingut en compte les connexions de la CPU. La connexió més voluminosa de la CPU és la de l'alimentació que ve de la M4:

Figura 2.6.46. Cable d'alimentació de la CPU.

Aquest connector sobresurt de la CPU aproximadament 1,5cm, per tant si volem que l'electrònica del robot entri i surti d'una manera segura i sense tocar la carcassa d'alumini del robot, haurem de col·locar la CPU a una altura màxima de 22mm de la xapa d'acer inoxidable.

Però el problema és que a sota de la CPU hi trobem la M4 i al rebaixar 1,5cm, es toquen els dos components. Per tant haurem de dissenyar i reestructurar tot el hardware de nou.

Però a més d'aquesta reestructuració, el disseny de l'empresa M-BOT no compte amb el POE que alimentarà la nostra càmera IP, ja que en un principi es pensaven que s'alimentava mitjançant el cable ethernet, però no és així. Per tant en aquesta nova reestructuració haurem d'incloure-hi un nou element:

Figura 2.6.47. Imatge del POE.

2.6.4.3. Modificacions

La nova distribució, ha començat per col·locar la CPU a 22mm de la placa d'acer, llavors a sota hem tret la M4, però hem conservat l'acceleròmetre, en el lloc de la M4 hi hem col·locat la memòria ja que és l'element amb menys altura dels que componen el robot. Realitzant aquests canvis, la distribució a quedat de la següent manera:

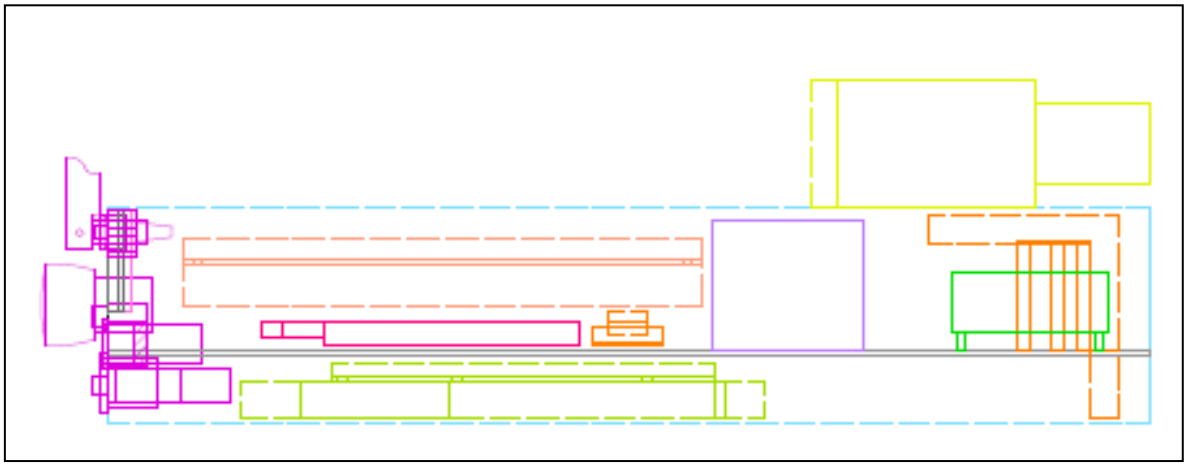


Figura 2.6.48. Vista horitzontal de la distribució hardware sense la M4.

Però una vegada hem col·locat la memòria a la seva nova posició, ara hem de buscar un lloc per a la M4, la hem col·locat en el lloc on abans hi havia la memòria, però ha d'estar totalment centrada ja que l'espai de la part de baix de la xapa d'acer és molt limitat, tant que fins i tot hem tingut de tallar un dels pins de manipulació d'un xip de la M4, per a que al entrar i sortir no toqui a les guies de la caixa d'alumini.

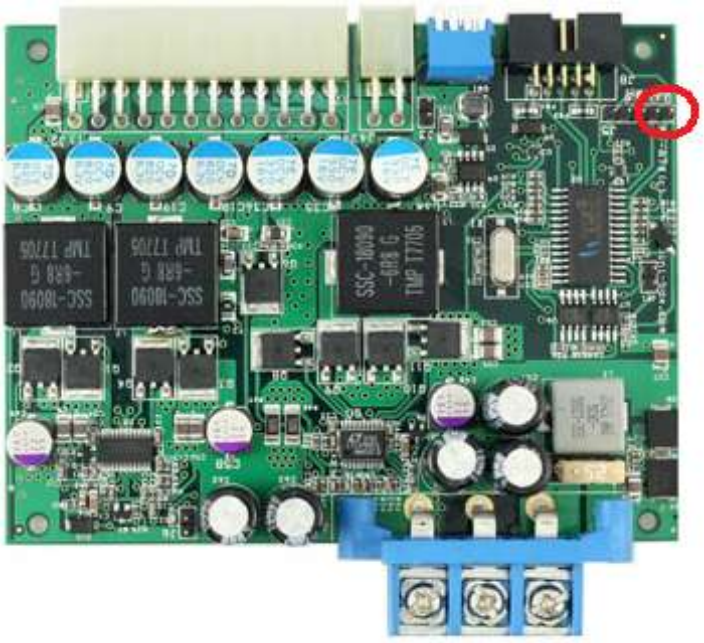


Figura 2.6.49. Imatge dels pins tallats a la M4-ATX.

Ens hem vist obligats a adoptar aquesta solució, ja que no hi ha cap altre alternativa possible, i en un principi aquest pin no l'hem d'utilitzar per a res. A més, hem tallat les soldadures de la part de sota de la placa, referents a l'alimentació i a l'ignition. D'aquesta manera, aconseguim col·locar la M4-ATX a la xapa d'acer inoxidable en la menor distància possible sense establir contacte, les soldadures que hem tallat són les següents:

Figura 2.6.50. Imatge de les soldadures escurçades a la M4-ATX.

Per tant, la distribució del hardware canviant de lloc la M4-ATX i la memòria, és la següent:

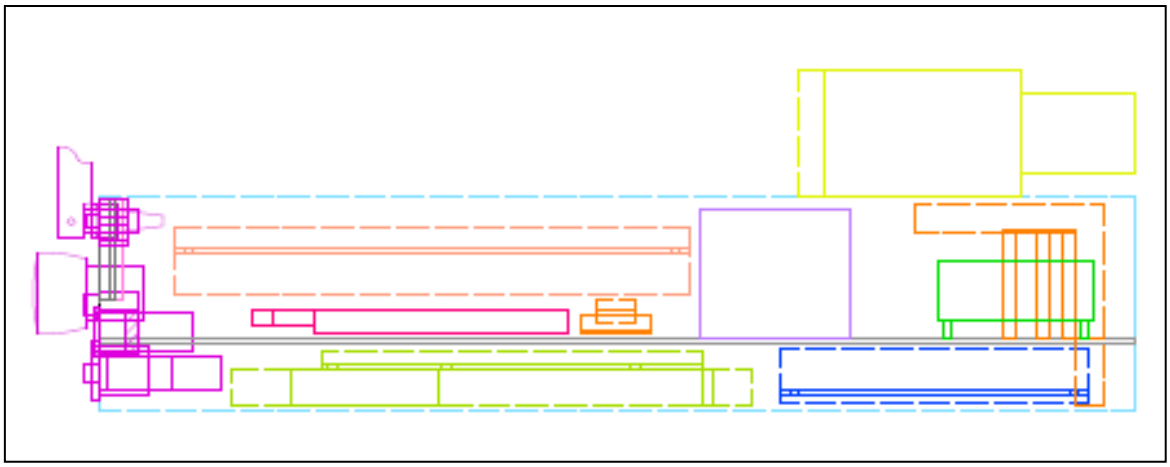


Figura 2.6.51. Vista horitzontal de la distribució hardware final.

I per acabar, ja només ens falta buscar un espai on col·locar el POE. L'únic espai on el podem col·locar és al lloc on en la distribució inicial hi havia la PCB, i la PCB l'elevarem 1mm per sobre del POE per a que no estiguin en contacte, per tant tenim el POE amb una altura de

24mm i la PCB a una altura de 25mm resolem el problema. La distribució final del robot, des de diferents punts de vista és la següent:

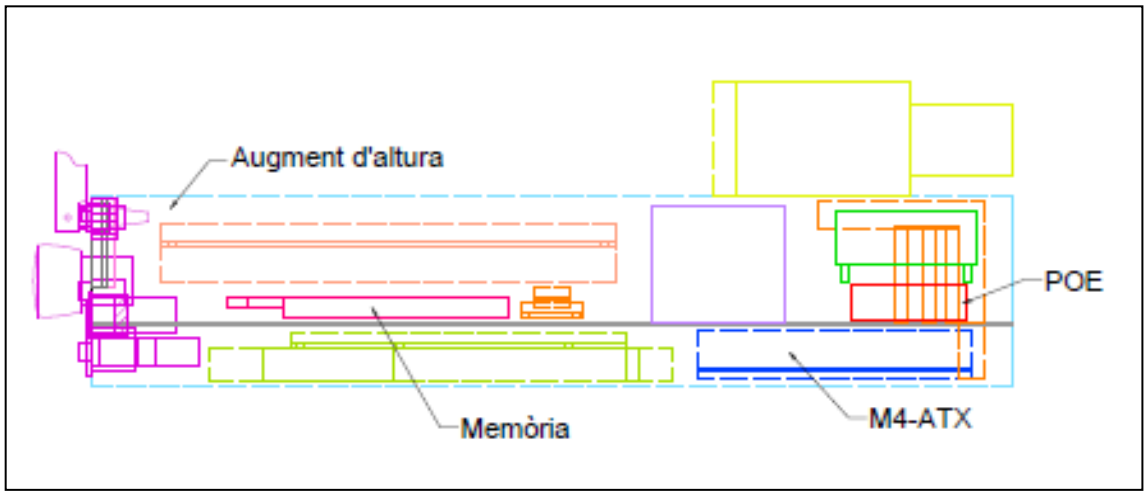


Figura 2.6.51. Vista horitzontal de les reformes en la distribució del hardwre.

Per tant, amb aquestes modificacions, s'hauran de realitzar nous forats a la xapa d'acer, exceptuant els del POE que aprofitarem els de la memòria. La vista des de dalt de la nova distribució és la següent:

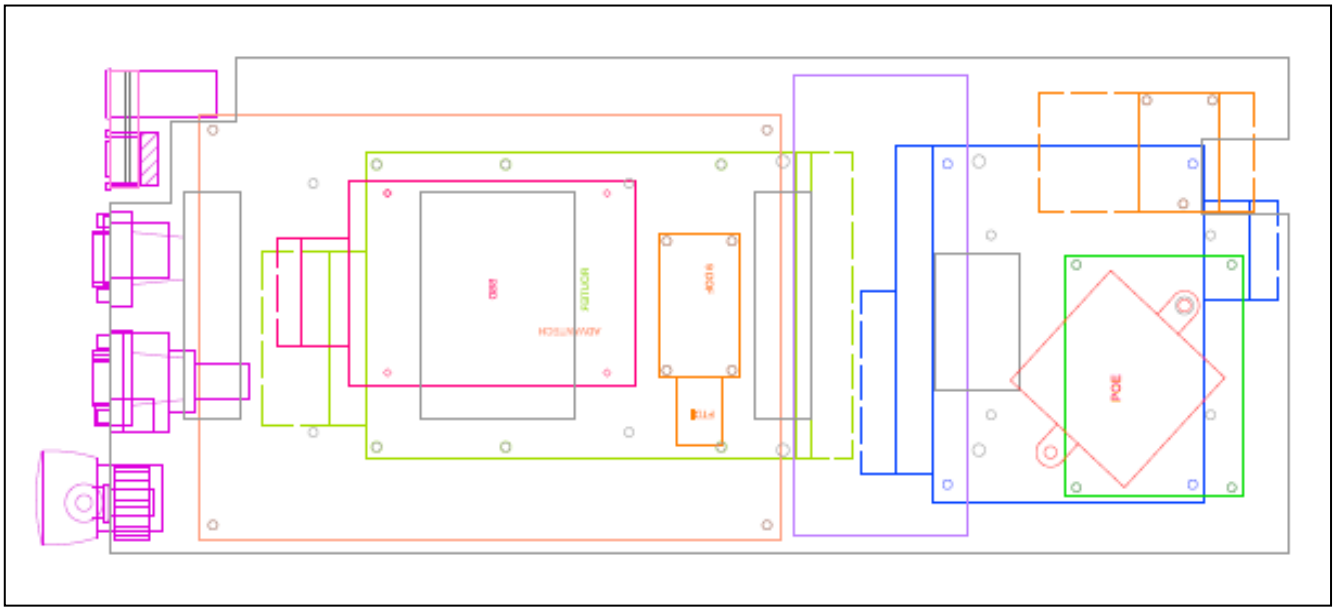


Figura 2.6.52. Vista de la part superior de la distribució hardware final.

Tal i com es pot observar a la imatge, hem col·locat el POE en diagonal, per facilitar l'endoll de les connexions, i minimitzar l'embolic de cables.

L'inconvenient més gran d'aquesta distribució, és la proximitat que hi ha entre les connexions del router i les de la M4-ATX. Aquesta excessiva proximitat, ocasiona que s'hagin de connectar els respectius cables abans de fixar el dispositiu a la placa d'acer inoxidable.

L'altre inconvenient, és que la M4-ATX tapa un dels forats de la xapa d'acer destinats a passar cables, aquest inconvenient però no és gaire important, ja que existeixen alternatives per a passar els cables.

A part d'aquests inconvenients, tenim la gran avantatge que és poder tenir tota l'electrònica del robot fixada a la xapa d'acer inoxidable, i aquesta a dins de la carcassa d'alumini del robot.

2.7. Software del robot

2.7.1. Software motors

2.7.1.1.Comunicació

Tal i com hem dit anteriorment, disposem de 4 motors, un per a cada roda, d'aquesta manera aconseguirem la tracció, però també la direcció del robot. La direcció, l'aconseguirem variant la direcció de gir dels diferents motors, és a dir, per a girar a un costat, només hem de fer girar els dos motors d'un costat cap endavant i els altres dos en la direcció oposada, d'aquesta manera aconseguirem un gir del robot.

Controlarem els motors a través del bus RS-485 connectat al PC del nostre robot, utilitzarem el mateix bus per a controlar els 4 motors:

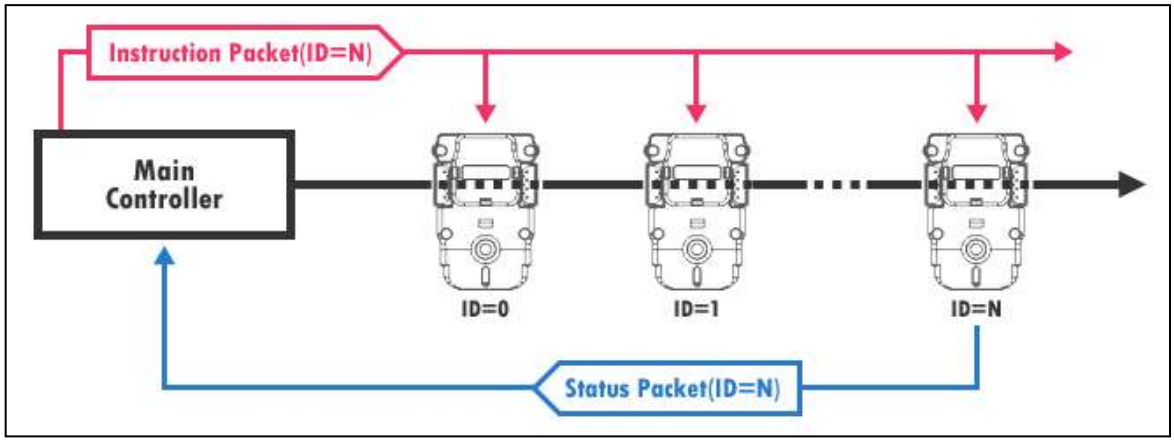


Figura 2.7.1. Esquema del funcionament dels motors.

Tal i com podem veure a l'esquema, tenim els motors connectats entre ells en sèrie mitjançant el bus RS-485, utilitzant aquest sistema podem connectar fins a un màxim de 250 motors.

Per controlar el motor RX-64, haurem d'establir la comunicació d'acord amb el protocol del RX-64. El motor RX-64 utilitza un sistema de control de dades binaries, a través d'una comunicació sèrie asíncrona de 8bits, 1 de stop i cap de paritat. D'aquesta manera, controlarem els motors utilitzant l'enviament i recepció de dades, anomenats paquets.

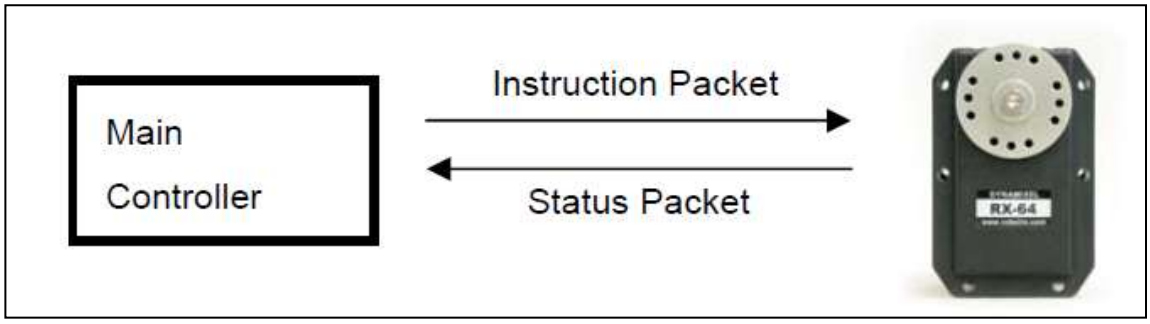


Figura 2.7.2. Esquema del sistema de control dels motors.

Tenim dos tipus de paquets: el paquet d'ús, que envia el PC per a controlar el motor, i el paquet d'estat, que retorna el motor al PC per informar del seu estat.

Cada motor disposa d'una ID diferent, ja que al tenir varis motors connectats a un mateix bus, necessitem un sistema per a diferenciar-los. Utilitzant la ID a l'hora d'enviar els paquets, ens permetrà controlar només el motor RX-64 desitjat del bus de dades. La ID dels motors es pot canviar i posar la desitjada, per defecte de fàbrica la ID dels motors és 1.

2.7.1.2. Paquet d'instrucció

Els paquets d'instrucció tindran sempre la mateixa estructura:

0 x FF	0 x FF	ID	Longitud	Instrucció	Paràmetre 1	Paràmetre N	Suma de control

0 x FF | 0 x FF — És el senyal que indica l'inici del paquet.

ID — És la ID del motor RX-64 que rebrà el paquet. La ID pot ser de 0 a 254, la ID 254 afecta a tots els motors a la vegada.

Longitud — ÉS la longitud del paquet, el valor es calcula de la següent forma:

Longitud = nombre de paràmetres (N) + 2

Instrucció — ÉS la instrucció que executarà el paquet, en tenim 7 de diferents. La instrucció també ens proporcionarà el número mínim de caràcters a utilitzar:

Valor	Instrucció	Funció	Número de paràmetres
0 x 01	PING	No execució. S'utilitza quan el controlador ha de rebre paquets d'estat.	0
0 x 02	READ DATA	Aquesta comanda llegeix les dades del RX-64.	2
0 x 03	WRITE DATA	Aquesta comanda escriu les dades del RX-64.	2 o +
0 x 04	REG WRITE	És semblant a WRITE_DATA, però roman en estat d'espera sense ser executat, fins que arriba la comanda d'acció.	2 o +
0 x 05	ACTION	Aquesta comanda, inicia els moviments registrats per REG_WRITE.	0
0 x 06	RESET	Aquesta comanda restaura l'estat del RX-64 als paràmetres establerts per defecte de fàbrica.	0
0 x 83	SYNC WRITE	Aquesta comanda s'utilitza per a controlar diversos motors al mateix temps.	4 o +

Taula 2.7.1. Llistat d'instruccions.

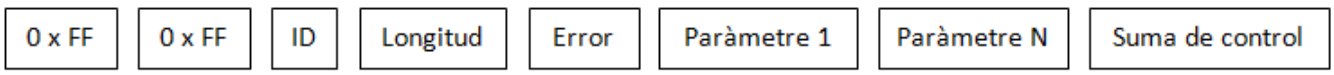
Paràmetre 1 ... N	Utilitzem el paràmetre, quan la instrucció el requereix.
Suma de control	S'utilitza per comprovar si el paquet és correcte. La suma de control, es calcula mitjançant la formula següent:

Suma de control = ID + Longitud + Instrucció + Paràmetre 1 + ... + Paràmetre N

Quan el resultat de la suma de control, és superior a 255 (0 x FF), només utilitzarem els bytes de menys pes.

2.7.1.3. Paquet d'estat

El motor RX-64, executa la comanda que rep del PC, i en retorna el resultat al PC. Les dades retornades formen el paquet d'estat. L'estructura del paquet d'estat és molt semblant a la del paquet d'instrucció, tot i que té algunes petites variacions:



0 x FF	0 x FF	Senyal que indica el inici del paquet d'estat.

ID	ÉS la ID del motor RX-64 que envia el paquet d'estat.

Longitud	Indica la longitud del paquet d'estat, el seu valor és el nombre de paràmetres (N) + 2.

Error	Ens mostra el tipus d'error que s'ha produït durant l'operació del motor RX-64. El paquet ens proporciona 8 bits, depenent del bit activat/desactivat, ens indica el tipus d'error de que es tracta, podem tenir 8 possibilitats:

Bit	NOM	Significat
7	0	-
6	Error d'instrucció	És el cas d'enviar una instrucció indefinida, o bé enviar la comanda d'acció sense haver enviat abans la comanda REG_WRITE, s'estableix com a 1.
5	Error de sobrecàrrega	Quan el corrent de càrrega, no pot controlar l'esforç de torsió del motor, s'estableix com a 1.
4	Error de suma de control	Quan la suma de control és incorrecte, s'estableix com a 1.
3	Error de rang	Quan una ordre està fora de rang per al seu ús, s'estableix com a 1.
2	Error de sobreescalfament	Quan la temperatura del motor, es troba fora dels seus rangs permesos. S'estableix com a 1.
1	Error d'angle límit	Quan la posició a la que volem arribar es troba fora dels límits dels angles del motor. S'estableix com a 1.
0	Error d'entrada de voltatge	Quan el voltatge d'entrada, es troba fora del rang permès. S'estableix com a 1.

Taula 2.7.2. Tipus d'errors.

Paràmetre 1 ... N	Retorna les dades, excepte si hi ha error.

Suma de control	S'utilitza per comprovar que el paquet és correcte. La formula per a calcular-ne el valor, és la següent:

Suma de control = ID + Longitud + Error + Paràmetre 1 + ... + Paràmetre N

2.7.1.4. Control

El control del robot, s'aconsegueix canviant dades de la següent taula, utilitzant els paquets d'instrucció.

	Adreça (hexadecimal)	Nom	Descripció	Accés	Valor inicial (hexadecimal)
EEPROM Àrea	0 (0X00)	Número de model (L)	Byte baix del número de model	R	64 (0X40)
	1 (0X01)	Número de model (H)	Byte alt del número de model	R	0 (0X00)
	2 (0X02)	Versió Firmware	Informació de la versió firmware	R	-
	3 (0X03)	ID	ID de Dynamixel	RW	1 (0X01)
	4 (0X04)	Baud Rate	Velocitat de comunicació	RW	34 (0X22)
	5 (0X05)	Temps de retard	Temps que es tarda en rebre el paquet d'estat	RW	250 (0XFA)
	6 (0X06)	CW Angle Límit (L)	Byte baix de l'angle límit	RW	0 (0X00)
	7 (0X07)	CW Angle Límit (H)	Byete alt de l'angle límit	RW	0 (0X00)
	8 (0X08)	CCW Angle Límit (L)	Byte baix del contador de l'angle límit	RW	255 (0XFF)
	9(0X09)	CCW Angle Límit (H)	Byete alt del contador de l'angle límit	RW	3 (0X03)
	11 (0X0B)	Límit superior de temperatura	Límit intern de temperatura	RW	80 (0X50)
	12 (0X0C)	Límit inferior de voltatge	Límit inferior de voltage	RW	60 (0X3C)
	13 (0X0D)	Límit superior de voltatge	Límit superior de voltatge	RW	240 (0XF0)
	14 (0X0E)	Màxima torsió (L)	Byte baix de la torsió màxima	RW	255 (0XFF)
	15 (0X0F)	Màxima torsió (H)	Byte alt de la torsió màxima	RW	3 (0X03)
	16 (0X10)	Nivell d'estat de retorn	Nivell d'estat de retorn	RW	2 (0X02)
	17 (0X11)	Alarma LED	Alarma mitjançant LED	RW	36 (0X24)
	18 (0X12)	Alarma d'apagada	Alarma d'apagada	RW	36 (0X24)
RAM Àrea	24 (0X18)	Activació de torsió	Torsió ON/OFF	RW	0 (0X00)
	25 (0X19)	LED	LED ON/OFF	RW	0 (0X00)
	26 (0X1A)	CW Marge de compilació	CW marge de compilació	RW	0 (0X00)
	27 (0X1B)	CCW Marge de compilació	CCW marge de compilació	RW	0 (0X00)
	28 (0X1C)	CW pendent de compilació	CW pendent de compilació	RW	32 (0X20)
	29 (0X1D)	CCW pendent de compilació	CCW pendent de compilació	RW	32 (0X20)
	30 (0X1E)	Objectiu de posició (L)	Byte baix de l'objectiu de posició	RW	-
	31 (0X1F)	Objectiu de posició (H)	Byte alt de l'objectiu de posició	RW	-
	32 (0X20)	Velocitat moviment (L)	Byte baix de velocitat de moviment	RW	-
	33 (0X21)	Velocitat moviment (H)	Byte alt de velocitat de moviment	RW	-
	34 (0X22)	Límit torsió (L)	Byte baix del límit de torsió	RW	ADD14
	35 (0X23)	Límit torsió (H)	Byte alt del límit de torsió	RW	ADD15
	36 (0X24)	Posició actual (L)	Byte baix de la posició actual	R	-
	37 (0X25)	Posició actual (H)	Byte alt de la posició actual	R	-

	38 (0X26)	Velocitat actual (L)	Byte baix de la velocitat actual	R	-
	39 (0X27)	Velocitat actual (H)	Byte alt de la velocitat actual	R	-
	40 (0X28)	Càrrega actual (L)	Byte baix de la càrrega actual	R	-
	41 (0X29)	Càrrega actual (H)	Byte alt de la càrrega actual	R	-
	42 (0X2A)	Voltatge actual	Voltatge actual	R	-
	43 (0X2B)	Temperatura actual	Temperatura actual	R	-
	44 (0X2C)	Instrucció registrada	Significa que la instrucció és registrada	RW	0 (0X00)
	46 (0X2E)	Moviment	Significa que hi ha moviment	R	0 (0X00)
	47 (0X2F)	Bloqueig	Bloqueig de la EEPROM	RW	0 (0X00)
	48 (0X30)	Punch (L)	Byte baix del parell mínim	RW	32 (0X20)
	49 (0X31)	Punch (H)	Byte alt del parell mínim	RW	0 (0X00)

Taula 2.7.3. D'adreces del motor RX-64.

Les dades de l'àrea de la memòria RAM es restableixen al valor inicial cada vegada que s'encenen els motors, en canvi, les dades de l'àrea de la memòria EEPROM és mantenen fins i tot quan els motors no estan alimentats.

2.7.1.5. Límits del Motor

Quan es transmet una comanda, que es troba fora del rang vàlid, es retorna un error. La taula següent ens mostra els límits màxims i mínims permesos per al motor RX-64. Les dades de 16 bits, es mostren com a dos bytes (L i H), aquests dos bytes han de ser escrits al mateix paquet d'instrucció.

Adreça escriptura	Funció	Longitud (bytes)	Mínim	Màxim
3 (0X03)	ID	1	0	253 (0XFD)
4 (0X04)	Baud Rate	1	0	254 (0XFE)
5 (0X05)	Temps d'espera	1	0	254 (0XFE)
6 (0X06)	CW angle límit	2	0	1023 (0X3FF)
8 (0X08)	CCW Angle límit	2	0	1023 (0X3FF)
11 (0X0B)	Límit màxim de temperatura	1	10 (0X10)	99 (0X63)
12 (0X0C)	Límit mínim de voltatge	1	50 (0X32)	250 (0XFA)
13 (0X0D)	Límit màxim de voltatge	1	50 (0X32)	250 (0XFA)
14 (0X0E)	Màxima torsió	2	0	1023 (0X3FF)
16 (0X10)	Estat nivell de retorn	1	0	2
17 (0X11)	Alarma LED	1	0	127 (0X7F)
18 (0X12)	Alarma d'apagada	1	0	127 (0X7F)
19 (0X13)	(Reservat)	1	0	1
24 (0X18)	Activació torsió	1	0	1
25 (0X19)	LED	1	0	1
26 (0X1A)	CW marge de compilació	1	0	254 (0XFE)
27 (0X1B)	CCW marge compilació	1	0	254 (0XFE)

28 (0X1C)	CW pendent compilació	1	1	254 (0XFE)
29 (0X1D)	CCW pendent compilació	1	1	254 (0XFE)
30 (0X1E)	Posició desitjada	2	0	1023 (0X3FF)
32 (0X20)	Velocitat de moviment	2	0	1023 (0X3FF)
34 (0X22)	Límit de torsió	2	0	1023 (0X3FF)
44 (0X2C)	Registre d'instrucció	1	0	1
47 (0X2F)	Bloqueig	1	0	1
48 (0X30)	Punch	2	0	1023 (0X3FF)

Taula 2.7.4.Límits del motor RX-64.

La comunicació a través del bus RS-485, és una comunicació sèrie que TXD i RXD no es poden executar de forma simultània. És per això que entre l'enviament del paquet d'instrucció i la recepció del paquet d'estat, tindrem un petit retard tal i com es mostra al següent esquema:

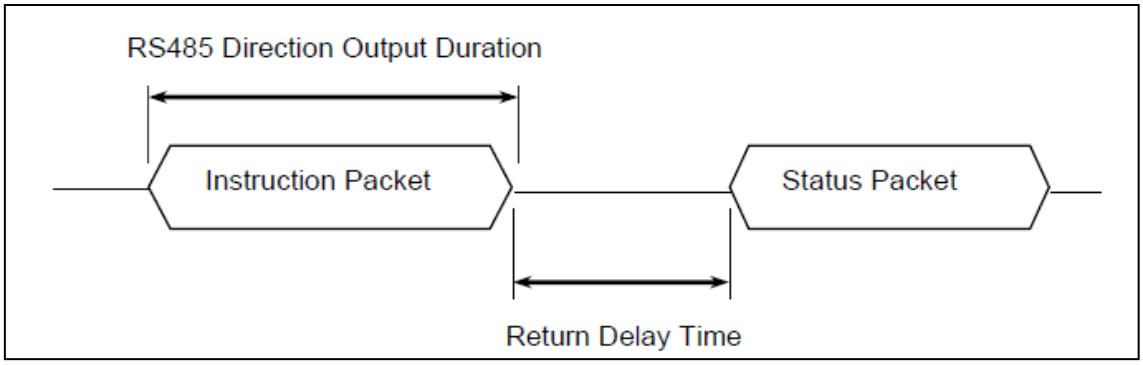


Figura 2.7.3. Funcionament del bus RS-485.

És important a l'hora de controlar el robot, tenir en compte el retard, ja que ens pot ocasionar una desincronització d'algun motor. El valor del temps de retard per defecte, és de 160 µs. Però tal i com hem vist a la taula anterior, aquest temps pot ser modificat.

2.7.1.6. Realització de paquets

Per a la realització correcta de paquets, tenim 7 instruccions, amb funcions diferents. La realització del paquet, varia en funció de la instrucció utilitzada, a continuació veurem els 7 casos diferents.

2.7.1.6.1. Llegir dades

La funció d'aquesta instrucció, consisteix en llegir dades de la taula de control del motor RX-64. Tal i com podem observar a la taula anterior d'instruccions, aquesta instrucció sempre requereix dos paràmetres. Per tant agafant l'estructura del paquet d'instrucció, els valors que haurem d'introduir són els següents:

Longitud	0 X 04 (sempre serà així, ja que el número de paràmetres sempre és 2)
Instrucció	0 X 02 (És l'adreça que correspon a la instrucció de llegir dades)
Paràmetre 1	Direcció on es troben les dades que volem llegir.
Paràmetre 2	Longitud de les dades que volem llegir.

2.7.1.6.2. Escriure dades

Aquesta instrucció, realitza l'operació inversa de llegir dades. És a dir, modifica dades de la taula de control del motor RX-64. Aquesta instrucció sempre tindrà un mínim de 2 paràmetres. Les dades que haurem d'introduir a l'estructura del paquet d'instrucció, són les següents:

Longitud	N + 3 (Sí el nombre de dades d'escriptura és N)
Instrucció	0 X 03 (WRITE_DATA)
Paràmetre 1	És l'adreça a que volem accedir, per a modificar-ne el contingut.
Paràmetre 2	Són les primeres dades que volem escriure.
Paràmetre 3	Aquestes són les segones dades a modificar.

2.7.1.6.3. Registre d'escriptura

Aquesta comanda, realitza la mateixa funció que la d'escriure dades, però la diferència es troba en el temps d'executar la instrucció. Quan arriba aquesta comanda, en lloc d'executar-se, es guarda en la memòria, i l'operació d'escriptura es troba en estat d'espera. Llavors, el registre d'instrucció (direcció 44 (0 x 2C)) s'estableix com a "1". Després, al arribar el paquet d'instrucció d'acció, el registre de direcció es fica "0" i la comanda d'escriptura guardada, finalment s'executa.

L'estructura d'aquesta instrucció és la següent:

Longitud	N + 3 (sí el nombre de dades d'escriptura és N)
Instrucció	0 X 04 (correspon a la instrucció del registre d'escriptura)
Paràmetre 1	Adreça on volem modificar-ne el contingut
Paràmetre 2	Primer contingut a modificar
Paràmetre N+1	Última dada a modificar

2.7.1.6.4. Acció

S'utilitza aquesta instrucció, per a executar la comanda guardada de l'acció del registre d'escriptura.

Aquesta comanda és molt útil, quan volem moure diversos RX-64 al mateix temps i amb precisió. Utilitzant aquest sistema, solucionem el problema dels temps de retard, que produeixen desincronització entre diferents motors.

Si s'utilitza aquest sistema per enviar una acció que afecta a més de dos motors RX-64, s'ha d'utilitzar la ID (0XFE). Al utilitzar aquesta ID, els motors no ens retornaran cap paquet d'estat.

L'estructura d'aquesta instrucció és la següent:

Longitud	0 X 02 (aquesta longitud és fixa ja que no utilitzarem cap paràmetre)
Instrucció	0 X 05 (adreça referent a la instrucció d'acció)
Paràmetre	NO (com mostra la taula d' instruccions, no és necessari utilitzar-ne)

2.7.1.6.5. Ping

Aquesta instrucció, no fa res. Només s'utilitza quan es rep un paquet d'estat o per confirmar l'existència d'un RX-64 amb un ID específic. La seva estructura és la següent:

Longitud	0 X 02 (és fixa ja que no s'utilitzen paràmetres en aquesta instrucció)
Instrucció	0 X 01
Paràmetre	NO (com mostra la taula d'instruccions, no és necessari utilitzar-ne)

2.7.1.6.6. Reset

La funció d'aquesta instrucció, és deixar tots els valors de la taula de control del RX-64, amb els valors per defecte que incorpora el RX-64 al sortir de la fàbrica.

Hem de tenir en compte que la ID del robot, passarà a ser "1". L'estructura de la instrucció serà la següent:

Longitud	0 X 02 (és fixa ja que no s'utilitzen paràmetres)
Instrucció	0 X 06
Paràmetre	NO

2.7.1.6.7. Sincronització d'escriptura

Amb aquesta instrucció, controlem diversos motors RX-64 simultàniament amb només l'enviament d'un paquet d'instrucció. Al utilitzar aquesta comanda, es transmeten diverses instruccions al mateix temps, de tal forma que el temps de comunicació es redueix al controlar múltiples motors a la vegada. Tot i que la comanda de sincronització d'escriptura, només pot ser utilitzada sí l'adreça i la longitud de la taula de control són idèntiques. D'altra banda, s'ha de transmetre la ID que afecti a tots els motors (0 X FE). A més la longitud del paquet no pot sobrepassar els 143 bytes ja que és el volum màxim permès per als motors RX-64.

Per a l'estructura d'aquesta instrucció, també haurem d'agafar el model del paquet d'instruccions i substituir-lo per les dades que desitgem, la diferència principal que tindrà aquesta instrucció respecte les altres, és que tindrà molts paràmetres:

ID	0 X FE (és la ID que afecta a tots els motors a la vegada)	
Longitud	(L+1) x N + 4 (L: longitud de les dades, N: nombre de motors RX-64)	
Instrucció	0 X 83 (SYNC_WRITE)	
Paràmetre 1	Adreça on escriurem les dades	
Paràmetre 2	Longitud de les dades a escriure	
Paràmetre 3	Primera ID del RX-64	Dades del primer RX-64
Paràmetre 4	Primeres dades a escriure del primer RX-64	
Paràmetre 5	Segones dades a escriure del primer RX-64	
...		
Paràmetre L+3	Últimes dades del primer RX-64	
Paràmetre L+4	ID del segon RX-64	Dades del segon RX-64
Paràmetre L+5	Primeres dades del segon RX-64	
Paràmetre L+6	Segones dades del segon RX-64	
...		
Paràmetre 2L+4	Últimes dades del segon RX-64	

2.7.2. Software de l'acceleròmetre

2.7.2.1. Funcionament

L'acceleròmetre que hem incorporat al nostre robot, és el SEN-09623 i disposa de 4 sensors d'alta qualitat: ADXL345, LY530ALH, LPR530ALH i HMC5843. Que junts proporcionen els 9 graus de llibertat del acceleròmetre. Totes les sortides d'aquests sensors són processats per un microcontrolador, un Atmega328 que envia tota la informació processada a través del seu port sèrie UART.

Però el gran avantatge d'aquest acceleròmetre està en la seva programació, ja que estem parlant d'un dispositiu de codi obert. És a dir, podem actualitzar el dispositiu amb el firmware que nosaltres escollim, ja sigui un creat per altres usuaris o bé un de dissenyat per nosaltres mateixos.

Per tal de poder programar el microcontrolador, el propi fabricant, aconsella utilitzar l'entorn de programació Arduino.

Hi ha diverses alternatives de connectar l'acceleròmetre a un ordinador, nosaltres com ja hem explicat als apartats anteriors, el connectarem mitjançant una connexió USB. Per a aconseguir-ho haurem de connectar l'adaptador USB proporcionat per el fabricant, el DEV-08772.

2.7.2.2. Adaptador USB

Amb aquest adaptador accedirem a l'acceleròmetre per via USB. Al revers d'aquest adaptador, ens deixa escollir el tipus d'alimentació per al nostre acceleròmetre, podem escollir entre 5V o bé 3.3V. L'acceleròmetre escollit s'alimenta a 3,3V, per tant per evitar danys, és molt important seleccionar bé aquesta tensió.

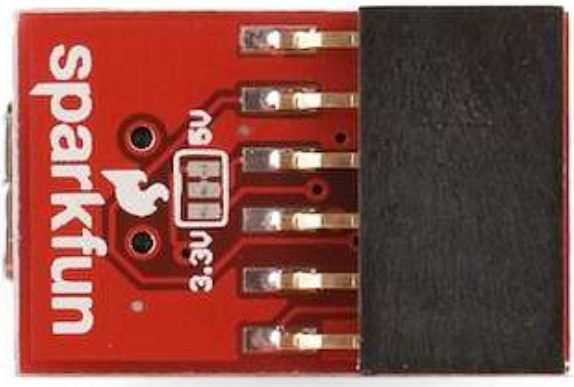


Figura 2.7.4. Part dorsal de l'adaptador USB.

La forma de seleccionar-ho, és mitjançant una petita soldadura, unint la pota del mig amb la pota del costat del voltatge desitjat.

Al utilitzar aquest adaptador USB, per tal de que el nostre ordinador pugui reconèixer el sensor, necessitarem instal·lar-hi els drivers necessaris. El mateix fabricant ens proporciona un link on ens podem descarregar els drivers en funció del sistema operatiu utilitzat.

Una vegada ja tenim el nostre acceleròmetre connectat al ordinador, ja es pot programar el microcontrolador de l'acceleròmetre per a que actuï de la forma que desitgem.

2.7.2.3. Programació microcontrolador

Per a programar-lo, ho farem mitjançant l'entorn Arduino. Arduino és una plataforma de hardware lliure, dissenyada per a facilitar l'ús de l'electrònica.

Ser de hardware lliure significa que tant el seu disseny com la seva distribució és lliure. És a dir, es pot utilitzar de forma lliure per al desenvolupament de qualsevol tipus de projecte sense haver adquirit cap mena de llicència.

Arduino, està basat en el llenguatge de programació en C i suporta totes les funcions del estàndard C i algunes del C++. Però a més d'aquests llenguatges, Arduino és compatible amb una llarga llista de llenguatges de programació i aplicacions:

- Java
- Flash
- Processing
- Pure Data
- MaxMSP
- VVVV
- Adobe Director
- Python
- Ruby
- C
- C++
- C#
- Cocoa/Objective-C
- VBScript
- TTY
- 3DVIA
- SuperCollider
- Instant Reality
- Liberlab
- BlitzMax
- Squeak
- Mathematica
- Matlab
- Miniblog
- Isadora
- Perl
- Visual Basic .NET
- Gambas

El programa Arduino ens el podem descarregar des de la mateixa pàgina web del programa: www.arduino.cc [Data consulta el 16/052012].

Una vegada el tenim instal·lat al nostre sistema operatiu, connectem l'acceleròmetre per via USB al nostre ordinador (amb els drivers instal·lats, el nostre ordinador el reconeix).

El nostre acceleròmetre ha de ser programat a una freqüència de 8MHz i alimentat a 3,3V. Aquestes dades les hem de seleccionar al programa Arduino, junt amb el model de microcontrolador de que disposem (Atmega328):

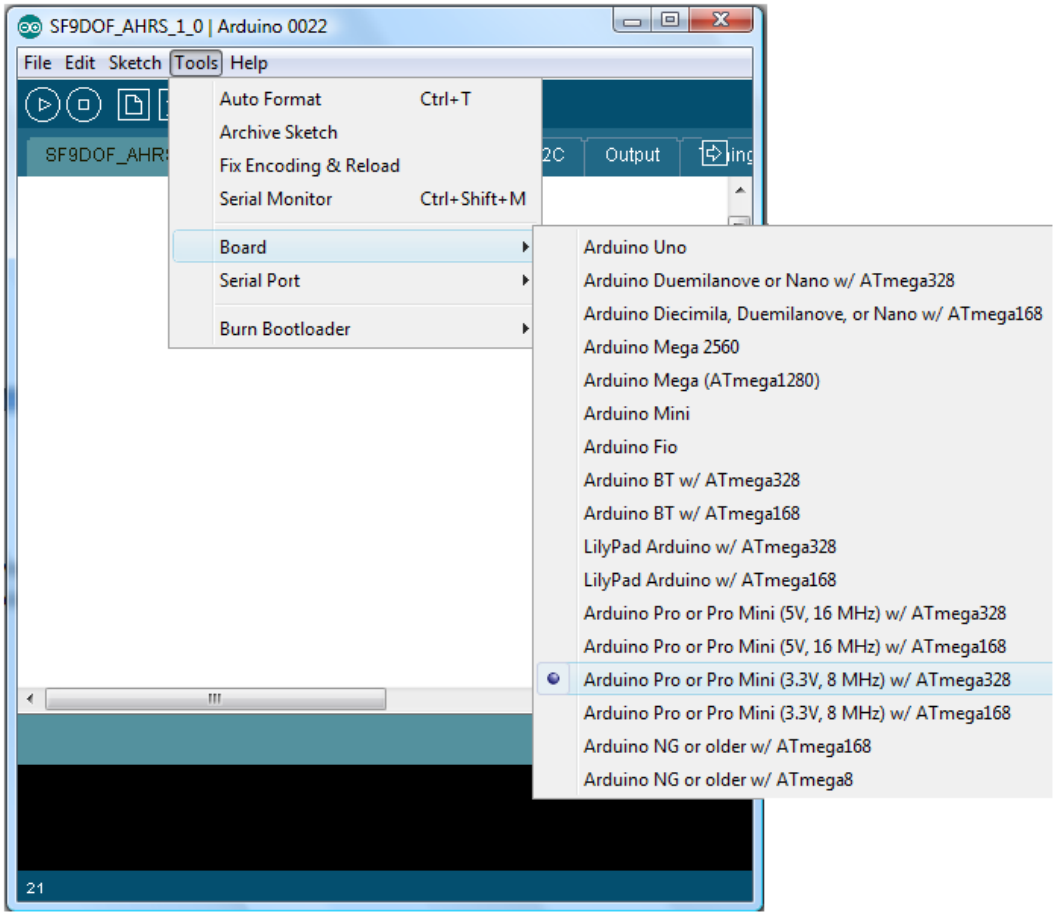

SF9DOF_AHRS_1_0 | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
Auto Format Ctrl+T
Archive Sketch
Fix Encoding & Reload
Serial Monitor Ctrl+Shift+M
Board
Serial Port
Burn Bootloader
Output
Arduino Uno
Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328
Arduino Diecimila, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168
Arduino Mega 2560
Arduino Mega (ATmega1280)
Arduino Mini
Arduino Fio
Arduino BT w/ ATmega328
Arduino BT w/ ATmega168
LilyPad Arduino w/ ATmega328
LilyPad Arduino w/ ATmega168
Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega328
Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega168
Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega328
Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega168
Arduino NG or older w/ ATmega168
Arduino NG or older w/ ATmega8
21

Figura 2.7.5. Programació del microcontrolador ATmega328.

També hem de seleccionar el port sèrie que correspon el nostre acceleròmetre, anant a "Tools" i després a "Serial Port" i seleccionem el port desitjat, en el nostre cas correspon al COM21.

Una vegada està tot preparat per a ser programat, agafem el codi que més ens interessi del "code.google.com" , l'obrim des de Arduino i el compilem.

El codi que hem utilitzat, és el codi que ens recomana instal·lar el fabricant, és un codi en llenguatge de programació C. I la seva funció serà que l'acceleròmetre ens retorni els angles d'inclinació dels seus eixos.

Una vegada hem obert el codi que hem escollit, el compilem:

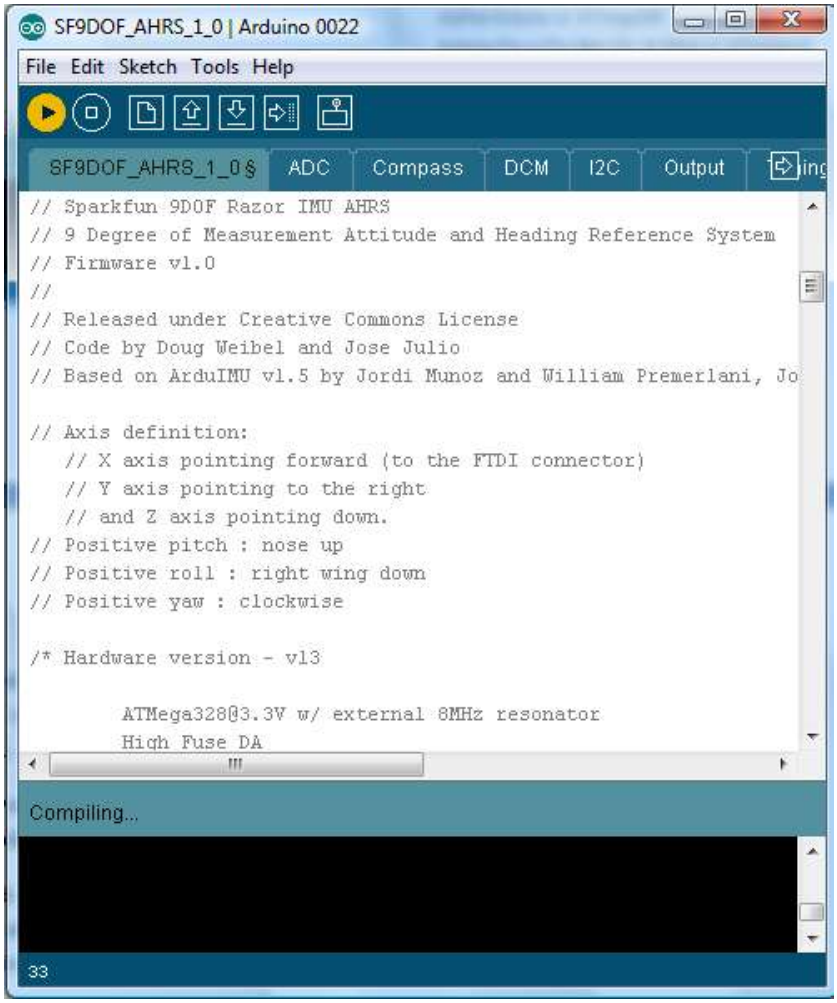

SF9DOF_AHRS_1_0 | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
SF9DOF_AHRS_1_0 §
ADC
Compass
DCM
I2C
Output
// Sparkfun 9DOF Razor IMU AHRS
// 9 Degree of Measurement Attitude and Heading Reference System
// Firmware v1.0
//
// Released under Creative Commons License
// Code by Doug Weibel and Jose Julio
// Based on ArduIMU v1.5 by Jordi Munoz and William Premerlani, Jo
// Axis definition:
// X axis pointing forward (to the FTDI connector)
// Y axis pointing to the right
// and Z axis pointing down.
// Positive pitch : nose up
// Positive roll : right wing down
// Positive yaw : clockwise
/* Hardware version - v13
ATMega328@3.3V w/ external 8MHz resonator
High Fuse DA
Compiling...
33

Figura 2.7.6. Imatge del programa Arduino amb el codi a compilar.

Ara a través de la icona

podrem visualitzar-ne el resultat, per a que això sigui així però, haurem de seleccionar la velocitat a la que funciona el dispositiu, és a dir, a 57600 baud. I el resultat és el següent:

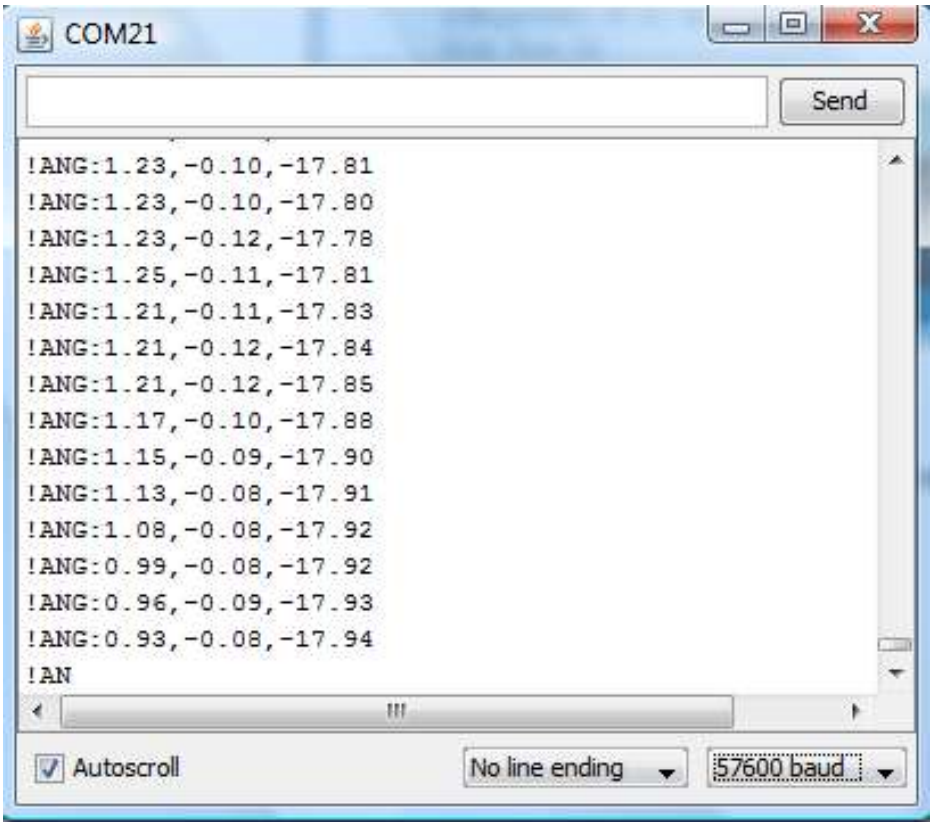


Figura 2.7.7. Imatge de la visualització dels angles proporcionats per l'acceleròmetre.

Podem veure, que el resultat es va actualitzant de forma automàtica i periòdicament, visualitzem uns angles separats entre ells per comes, que fan referència als angles dels 3 eixos de que disposa el nostre acceleròmetre.

2.7.3. Softwrae del GPS

2.7.3.1. Protocol NMEA 0183

El GPS que l'empresa M-BOT ha decidit incorporar al robot, és el GPS-09159 de la marca Sparkfun. Aquest sistema de posicionament global, està equipat per un mòdul MMT (Micro Modular Technologies). Aquest mòdul és el MN5010HS i ens proporciona 20 canals receptors que mesuren 10mm x 10mm x 1,9mm i permet l'operació amb antenes actives o passives. Aquest dispositiu utilitza el protocol NMEA 0183 (National Marine Electronics Association).

El NMEA 0183 és un protocol implantat per un comitè d'estàndards dels EUA. Té com a finalitat, definir la interfície elèctrica del protocol de missatges utilitzats en la comunicació entre equips de navegació a bord d'un vaixell. Aquest protocol però és àmpliament utilitzat per els fabricants de receptors de GPS per informar de les dades del GPS.

Per a obtenir més informació sobre el control d'aquest dispositiu, veure el protocol NMEA 0183 adjuntat a l'annex.

2.7.3.1. Adaptador USB FTDI 232R

Per connectar el GPS a la CPU del nostre robot, ho farem mitjançant una connexió USB, és per això que necessitarem un adaptador USB per enllaçar el GPS amb la CPU, el mateix distribuïdor de GPS ens proporciona la solució amb l'adaptador FTDI-232R. Per a connectar-los és molt fàcil, només haurem d'unir les 4 potes del GPS amb els 4 forats indicats a l'adaptador:

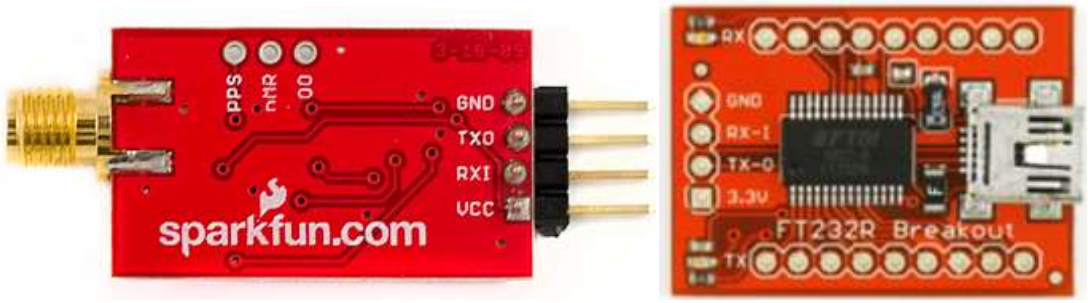


Figura 2.7.8. Imatge del GPS i el seu adaptador USB.

Com podem veure hem d'unir GND amb GND, TXO amb RX-I, RXI amb TX-O i VCC amb 3.3V.

A continuació només ens falta instal·lar els drivers d'aquest dispositiu al nostre ordinador, per a que aquest el pugi identificar. Aquests drivers els proporciona el mateix fabricant FTDI i es poden trobar a la pàgina web "http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm" [22/05/2012]. S'ha de tenir en compte en instal·lar els drivers que corresponguin al sistema operatiu que utilitzem.

Una vegada tot instal·lat el nostre ordinador ja el reconeixerà, i estarà en condicions de començar a treballar, només ens faltarà connectar-hi l'antena al GPS per tenir un bon senyal.

2.8. Procés de muntatge

Dividirem el procés de muntatge en dos parts, per tal de que l'explicació resulti més senzilla, aquestes dues parts són: el muntatge del hardware i el cablejat.

2.8.1. Muntatge hardware

La distribució final del hardware en el nostre robot és la següent:

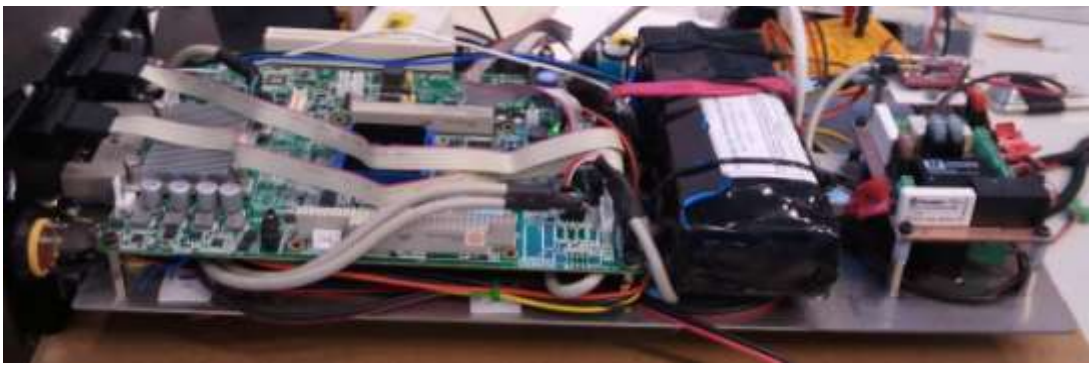


Figura 2.8.1. Imatge de l'electrònica del robot SBv3.

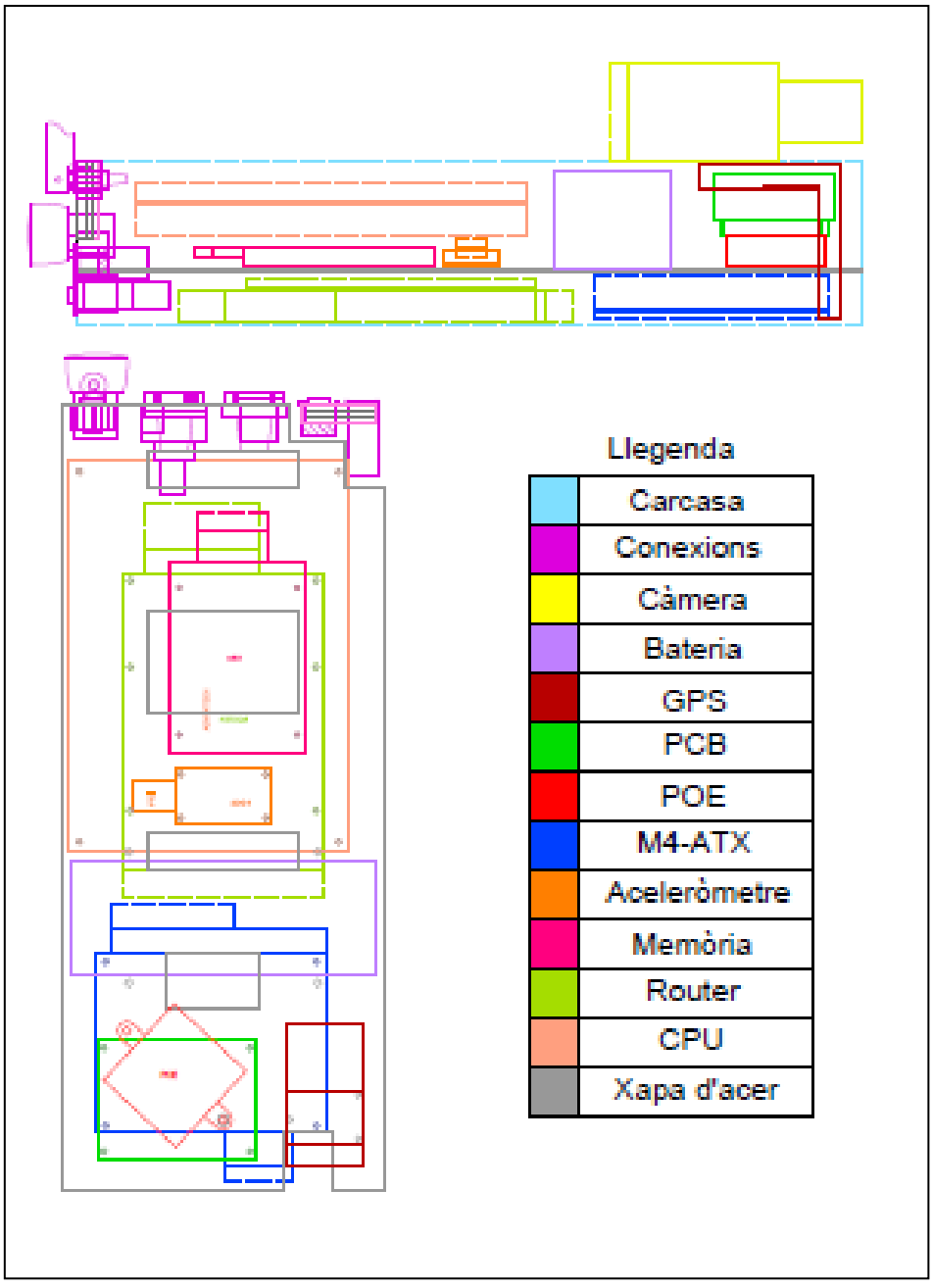


Figura 2.8.2. Esquema Distribució components.

Així aniran distribuïts els diferents components del robot, és molt important col·locar-los de la forma que explicaré, ja que de no ser així, no ens cabrà tota l'electrònica del robot a dins de la carcassa d'alumini.

Per tal de facilitar l'explicació del muntatge, he numerat els forats de la xapa d'acer inoxidable dissenyats per passar els cables dels components. D'aquesta manera a l'hora d'explicar e lloc per on passar els cables, en tindré prou fent referència a la numeració corresponent, aquesta numeració és la següent:

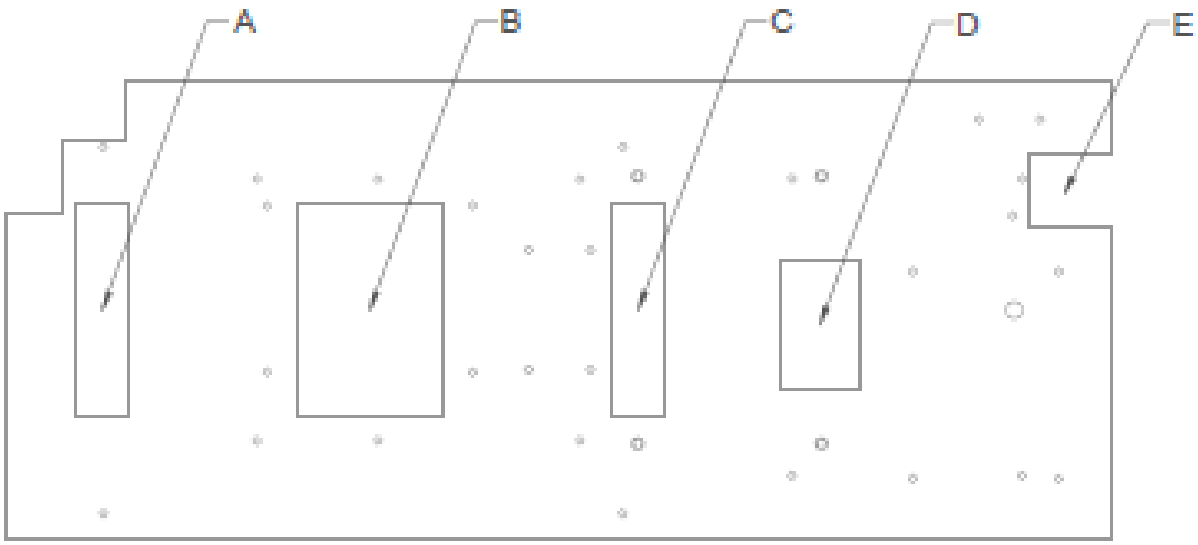


Figura 2.8.3. Imatge dels forats de la xapa d'acer inoxidable.

Els llocs indicats amb fletxes, són els forats de la xapa d'acer, destinats a passar els cables dels components. Les rodones que es veuen són els forats que s'utilitzaran per fixar els components.

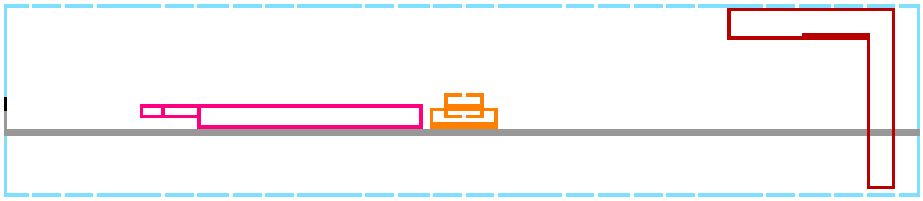
Hem de començar a muntar primer els elements més petits, ja que els grans ens taparan els forats i ens dificultaran molt més el muntatge, tots els cargols utilitzats a la xapa d'acer, són de mètrica 3 (M3).

El primer element a muntar serà la memòria, per a falcar-la utilitzarem 4 cargols de 6mm que els enroscarem a la memòria des de la part inferior, però també ficarem 4 volanderes entre la xapa i la memòria de 2mm, d'aquesta manera aconseguirem una petita separació entre la xapa i la memòria.

El següent dispositiu que col·locarem a la xapa d'alumini, serà l'acceleròmetre, aquest el col·locarem de la mateixa manera que la memòria, però utilitzant 4 cargols de 10mm, 4 volanderes de 2mm per separar el dispositiu de la xapa i 4 femelles amb freno per a que quedi ben subjectat el dispositiu i no s'afluixi amb possibles vibracions.

A continuació col·locarem el GPS, aquest el col·locarem de tal forma que la connexió de l'antena encaixi en el forat "E", per a fixar-lo utilitzarem 3 torretes de 30mm, 3 cargols de 10mm i 3 femelles amb freno.

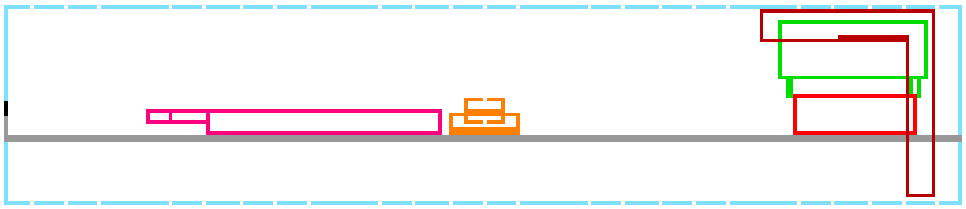
La distribució, de moment està composta per la memòria, l'acceleròmetre i el GPS:



Ara fixarem el POE utilitzant 1 sol cargol de 16mm i una femella amb freno. També utilitzarem dos volanderes, una de 2mm per separar el POE de la xapa d'alumini, i una altre a la part inferior de la xapa ja que el forat de la xapa no és de la mida desitjada per al cargol utilitzat, això és causa de la reestructuració dels components i d'aprofitar forats fets per altres components.

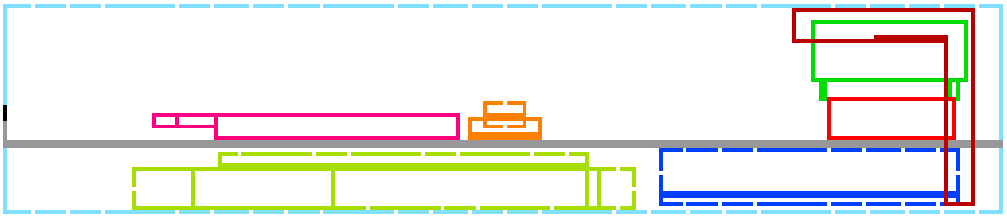
Una vegada tenim el POE fixat, podem muntar-li al seu damunt la PCB, aquesta es fixarà de forma especial, ja que dos cargols de la xapa coincidiran amb la M4, és per això que aquests dos cargols, seran cargols avellanats de 8mm mentre que els altres dos seran cargols normals de 6mm. Al damunt de la placa hi cargolarem 4 torretes de 26mm que fixaran la PCB amb 4 femelles amb freno.

La distribució, de moment està composta per la memòria, l'acceleròmetre, el GPS, el POE i la PCB és la següent:



Una vegada col·locats els elements amb dimensions més reduïdes a la xapa d'acer, podem començar a muntar els elements amb un volum més gran. El següent dispositiu a muntar serà la M4, aquest el fixarem amb 3 cargols de 10mm, 3 volanderes de 0,5mm per aïllar el dispositiu de la xapa d'acer i 3 femelles amb freno. Però una vegada fixat aquest element, abans de continuar amb el muntatge hem de tenir present que la separació entre les connexions de la M4 i les del router és molt limitada. Per tant connectarem els cables de la M4 i els passarem per el forat de la xapa "C" que en un futur es connectaran a la CPU, si no connectem els cables abans de muntar el router, després ja no els podrem connectar.

Doncs, una vegada tenim la M4 i seus cables connectats, ja podem col·locar el router al seu lloc, per fer-ho utilitzarem 4 torretes de 8mm que ens separaran el dispositiu de la xapa d'acer, aquestes torretes les fixarem amb 3 cargols de 6mm i amb 3 femelles amb freno fixarem el router.

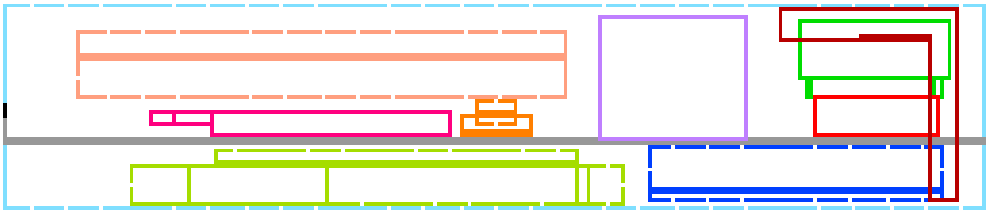


En aquest moment del muntatge, ja tenim la majoria dels components a sobre de la xapa d'acer:

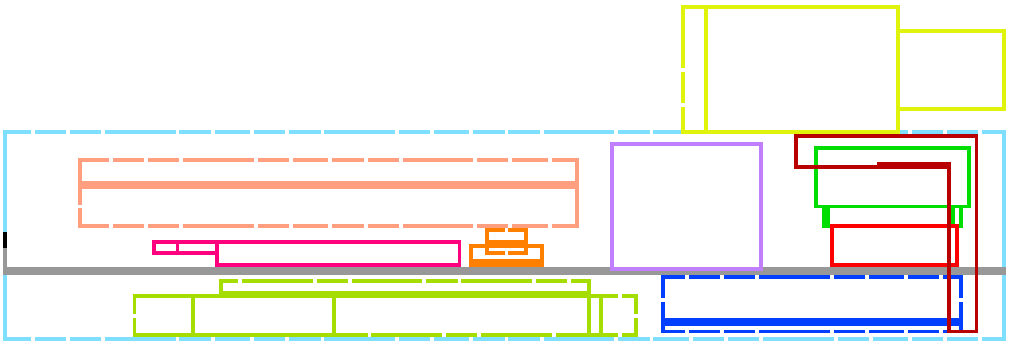
Arribats en aquesta situació, ja podem muntar el component més voluminós, la CPU. Aquesta es fixarà utilitzant 4 torretes de 22mm que l'elevaran l'altura adequada de la xapa d'alumini, aquestes torretes les fixarem des de la CPU utilitzant 4 cargols de 6mm i les torretes les fixarem des de la part inferior de la xapa utilitzant 4 femelles amb freno.

Durant tot el muntatge, hem utilitzat femelles amb freno, per evitar que amb les vibracions del robot s'afluixi algun dispositiu.

Ara ja només ens falta col·locar la bateria utilitzant dues brides, la col·locarem al seu lloc, però no la fixarem ja que en el moment del cablejat haurem de passar cables per sota d'ella. Per tant la distribució final de l'electrònica que va situada a la xapa d'acer, queda de la següent forma:



Com podem observar, falta col·locar la càmera, aquesta la col·locarem utilitzant un cargol avellanat de M5 de 15mm, aquest el cargolarem a la càmera des de l'interior de la carcassa d'alumini, el resultat total serà el següent:



A continuació muntarem les connexions de la part posterior del robot. Els elements que muntarem són els següents:

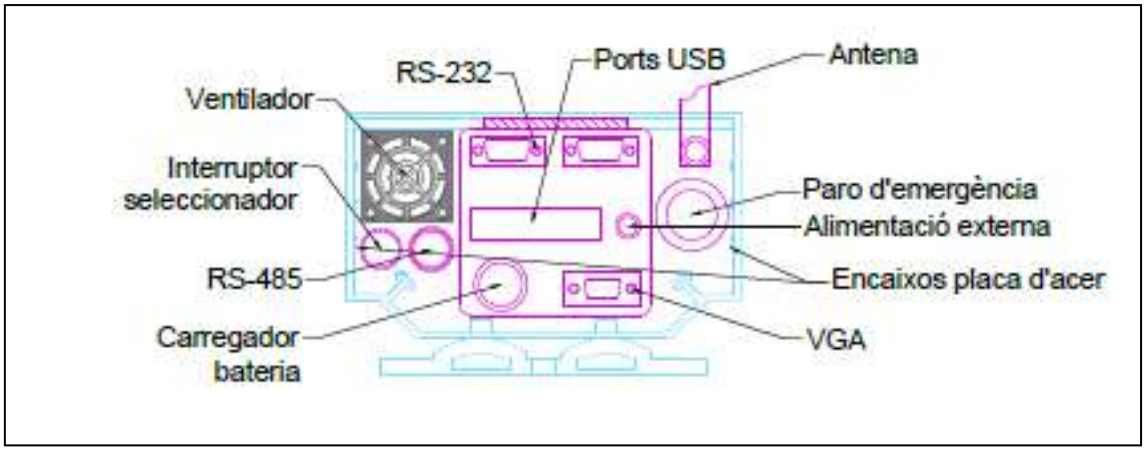


Figura 2.8.4. Esquema connexions del robot SBv3.

L'ordre de muntatge d'aquests elements no influeix, es poden muntar seguint qualsevol ordre, cada dispositiu porta la seva forma de fixació, les connexions RS-485, carregador bateria, alimentador extern i el paro d'emergència porten una femella que cargolant-la al dispositiu per la part del darrera queda fixat. En canvi les connexions RS-232, ports USB i la connexió VGA, es fixen col·locant les connexions per la part del darrera i cargolant les seves femelles a la part del davant. Respecte el ventilador, l'hem fixat utilitzant 4 cargols de 10mm i fixats per 4 femelles amb freno.

Una vegada muntats totes les connexions posteriors, el resultat final que obtenim és el següent:

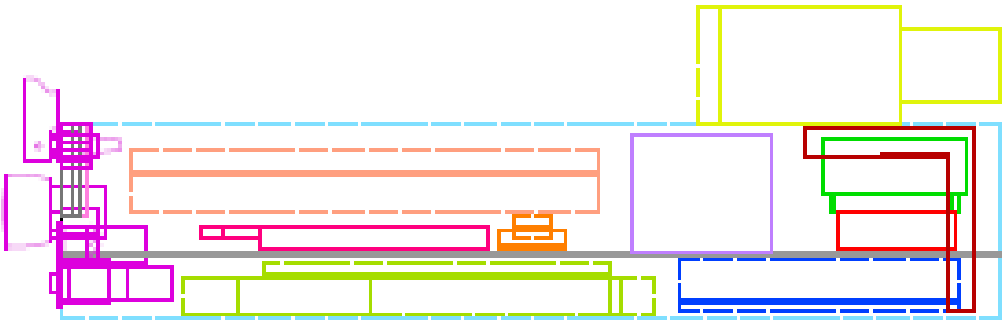


Figura 2.8.5. Resultat final del muntatge del hardware.

Ara ja tenim tot el hardware al seu lloc, ja només ens falta connectar-lo.

2.8.2. Cablejat

Començarem per els cables que ja tenim fets i continuarem per els que hem hagut de fabricar nosaltres.

El primer cablejat que realitzarem, serà el de la M4 ja que és l'únic element del que tenim els cables muntats i passats per el forat de la xapa d'acer. De moment només en muntarem els cables que van fins a la CPU.

Els cables que aniran de la M4 a la CPU són els següents:

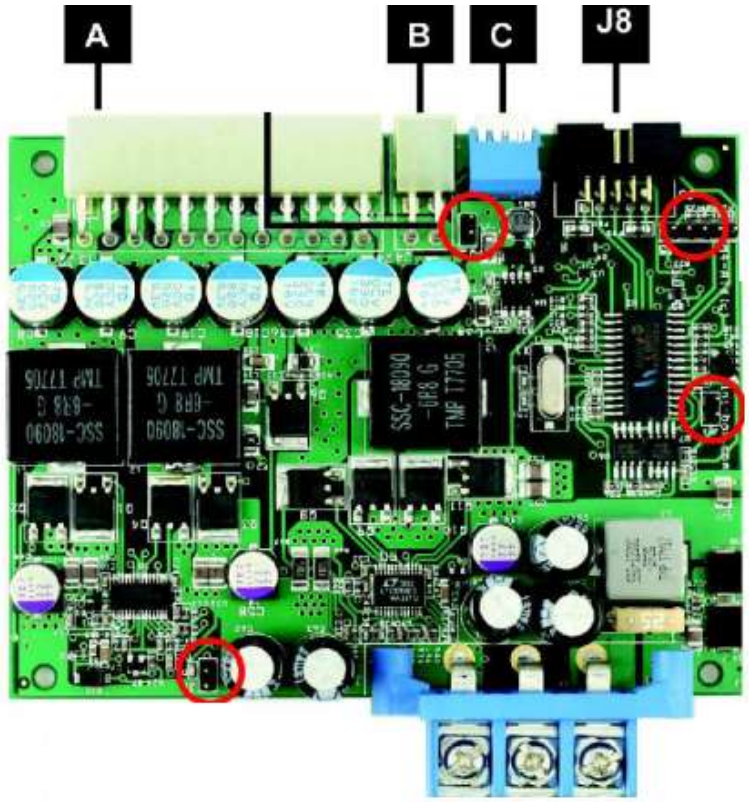


Figura 2.8.6. Imatge de les connexions de la M4-ATX.

Hem d'exceptuar la connexió "C" que és un interruptor seleccionador, que selecciona el funcionament de la M4, seleccionem el número 1. Respecte les altres connexions, els cables de la connexió "A" la connectarem a la connexió "5VSB" de la CPU. Els cables de la connexió "B" aniran connectats a la connexió "Power Input" de la CPU. I per acabar, els pins 7 i 8 de la connexió "J8" els connectarem a la connexió "PWR" de la CPU.

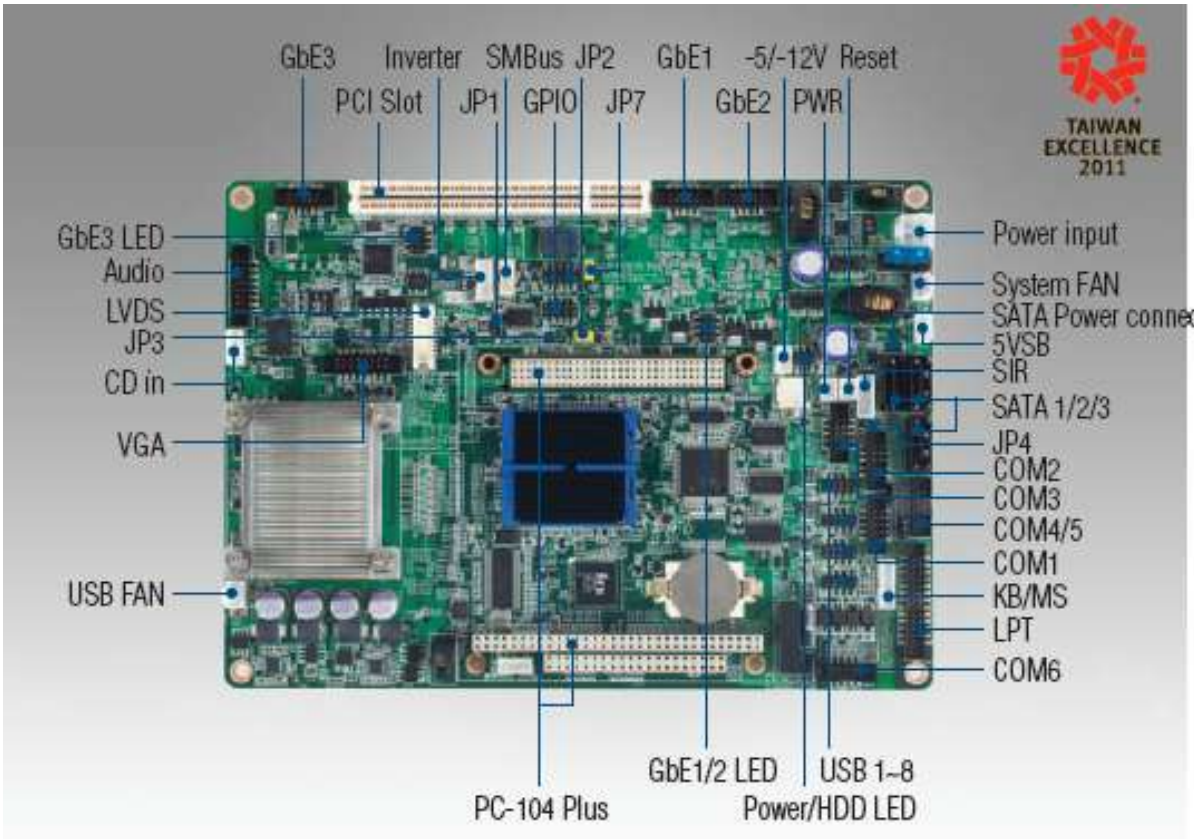


Figura 2.8.7. Imatge de les connexions de la CPU.

Ara, continuant amb el mateix esquema de la CPU, connectarem el "SATA 1" a la memòria, passant el cable per el voltant de la bateria i per sota de la mateixa CPU fins arribar a la memòria.

Agafant el kit de cables de la CPU, també els connectarem. Alguns d'aquests cables són les connexions posteriors del robot que ja tenim muntades, com és l'exemple dels ports USB que els connectem al "USB1/2" de la CPU, o la connexió VGA que serà la connexió de la pantalla, també tenim les connexions RS-232 que les connectarem al "COM3" i la connexió RS-485 que la connectem al "COM4". A més de les connexions de la part posterior, també tenim els cables USB amb que connectarem als sensors i els cables ethernet amb que ens comunicarem al router, els cables USB dels sensors els connectem a la connexió "USB3/4", mentre que la connexió ethernet la connectarem a la connexió "GbE1" de la CPU.

Una vegada tenim totes les connexions de la CPU ficades, construirem els cables USB i ethernet.

El tipus de USB que utilitzem és el Mini-B, per construir-lo tallem els cables que hem connectat a la CPU destinats als sensors a una mida que ens permeti arribar als sensors sense dificultat. Llavors, col·loquem els cables a la ranura USB Mini-B que estem construint, seguint la següent llegenda:

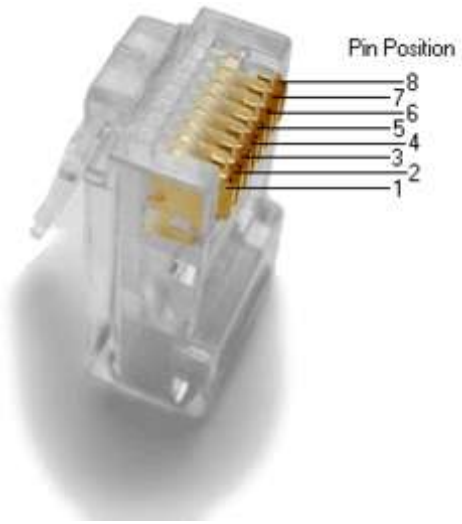
Pin	Nombre	Color	Descripción
1	VCC	Rojo	+5 V
2	D-	Blanco	Data -
3	D+	Verde	Data +
4	ID	Ninguno	Permite la distinción de Micro-A y Micro-B Tipo A: conectado a masa Tipo B: no conectado
5	GND	Negro	Masa y retorno o negativo

Figura 2.8.8. Esquema dels pins del USB Mini-B.

Seguint aquesta llegenda, construirem els 2 cables USB Mini-B i passant-los per sota de la bateria, els connectarem als seus respectius sensors. És a dir connectem el USB3 al GPS i el USB4 a l'acceleròmetre.

Ara construirem els cables ethernet, utilitzant aquests cables, connectarem el router amb la CPU i la CPU amb el POE. El cable que va de la CPU al router, passarà per sota de la bateria i després pel forat de la xapa d'acer "C" fins al router, el cable que anirà del router al POE, tindrà el mateix recorregut però sortint des del POE.

Per a la fabricació d'aquests cables, hem seguit el sistema ethernet T-568B, seguint la següent llegenda:



Pin	Pair	Wire	Color
1	2	tip	white/orange
2	2	ring	orange
3	3	tip	white/green
4	1	ring	blue
5	1	tip	white/blue
6	3	ring	green
7	4	tip	white/brown
8	4	ring	brown

Figura 2.8.9. Esquema dels pins del cable ethernet.

Una vegada ja construïts i connectats aquests cables, passarem a les connexions de la PCB. En el disseny de la nostra PCB, ja hi hem inclòs les abreviatures de cada connexió per facilitar el cablejat:

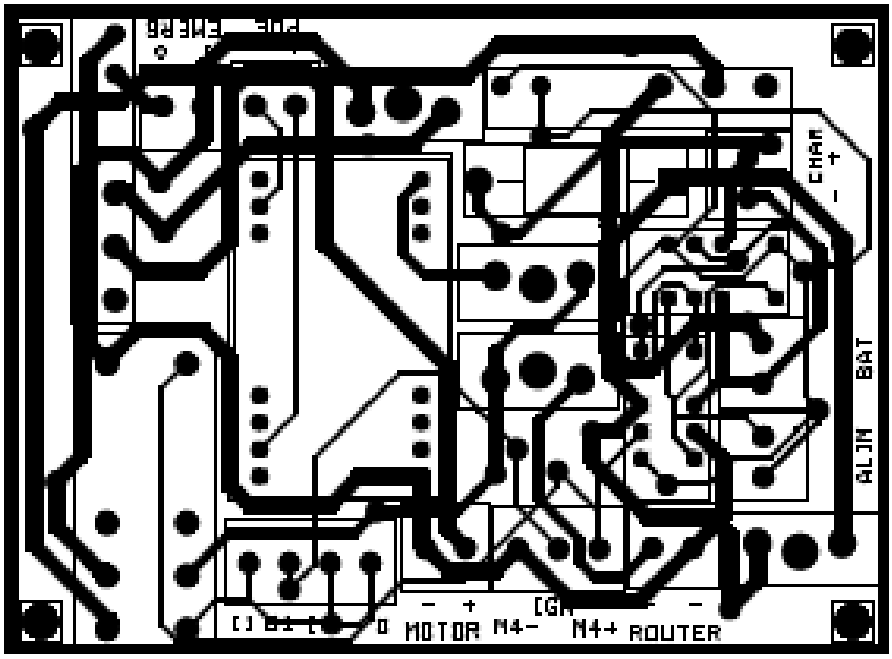


Figura 2.8.10. Imatge del layout de la PCB.

Per a realitzar les connexions, utilitzarem un cable de 2 conductors de 0,5mm^2, començarem connectant la M4, tal i com podem veure tenim 3 connexions, la M4-, la IGN i la M4+, aquestes connexions fan referència a GND, IGNITION i V(+) de la M4 respectivament:

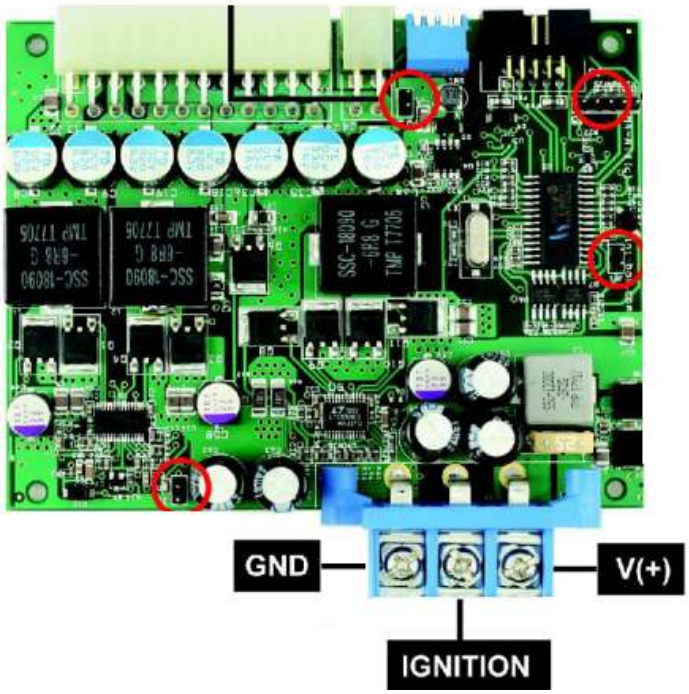


Figura 2.8.11. Imatge de l'alimentació de la M4-ATX.

Els cables que sortiran de la PCB, passaran pel forat de la xapa d'acer "E" i arribaran fins la M4 que es troba just sota seu.

Ara realitzarem la connexió del POE, la mateixa PCB ens indica els signes del positiu i el negatiu i el POE fa el mateix a les seves connexions, per tant només ens caldrà unir el positiu amb el positiu i el negatiu amb el negatiu.

Per a realitzar la connexió de router amb la PCB, utilitzarem un connector JACK acotat, tenint en compte sempre que l'interior del connector és el positiu, per tant el soldarem als cables de la PCB tenint en compte aquesta polaritat, i passarem els cables per el forat "E" de la xapa d'acer inoxidable.

Respecte al paro d'emergència, la PCB no indica la polaritat ja que no ens afecta, només es tracta d'un interruptor és igual la polaritat. Aquest interruptor pot actuar de dues formes diferents, com a interruptor normalment tancat o com a normalment obert, nosaltres volem que sigui normalment obert, i que al polsar-lo es connecti. Per tant agafem el multímetre i comprovem les connexions que sense polsar-lo no estan connectades, llavors soldem els cables provinents de la CPU en aquests dos pins, els cables els passarem per sota de la bateria i per sota de la CPU.

Respecte a l'interruptor seleccionador, passa el mateix. Tenim 4 cables on connectar i 6 pins, nosaltres el que pretenem és que al polsar el botó es connectin els 4 cables, per tant dels 6 pins haurem d'utilitzar els 4 de la part superior, 2 per els IN de la PCB que aniran als NO1 i al NO2 i 2 per els OUT de la PCB que aniran als NC1 i NC2 respectivament, també comprovem amb el multímetre el seu correcte funcionament, i els soldem. Els cables passaran per la part inferior de la xapa i arribaran a la PCB per el forat "E" de la xapa d'acer inoxidable. A més d'aquestes connexions, l'interruptor incorpora un LED que utilitzarem per informar a l'exterior del funcionament de la CPU, aquests dos contactes del LED(+ i -) aniran connectats al la connexió "Power/HDD LED" de la CPU. L'esquema de l'interruptor seleccionador en qüestió és el següent:

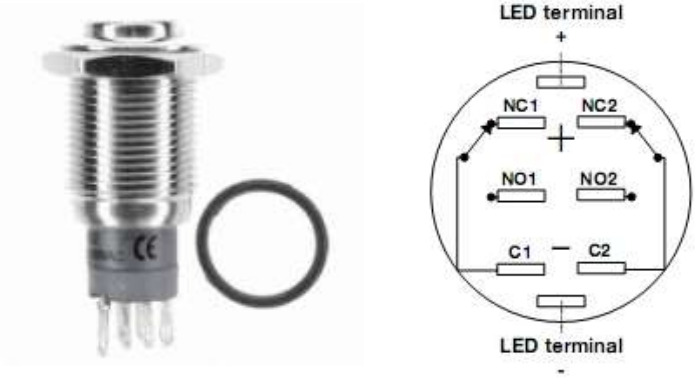


Figura 2.8.11. Imatge de l'interruptor seleccionador.

Ara connectarem la connexió del carregador de la bateria, en concret el BULGIN - PX0429 de 3 vies:

Figura 2.8.12. Imatge del connector mascle del carregador de bateria.

Aquesta connexió, disposa de 3 pins, 2 pols i terra. Nosaltres no utilitzarem el pin del terra, per tant només ens cal soldar els 2 pins restants als cables de la PCB que surten del "CHAR", ens és indiferent la polaritat, ja que es tracta del contactor mascle, a l'hora de fer la femella és quan tindrem en compte la polaritat.

Tot seguit, realitzarem la connexió de l'alimentació externa. Utilitzarem un connector Jack, hem de tenir en compte que la connexió de l'interior és la positiva, per tant connectarem el pin de l'interior amb el símbol "+" de la PCB i qualsevol dels altres dos pins amb el símbol "-" de la PCB.

Figura 2.8.13. Imatge del connector de l'alimentació externa.

A continuació, connectarem la connexió femella dels motors, utilitzarem una connexió de 4 vies, 2 per a l'alimentació dels motors provinents de la PCB i les altres dues seran les que proporcionaran el control dels motors i provindran de la CPU. La polaritat en aquest cas passa el mateix que amb el carregador, no és important ja que després construirem el mascle d'aquesta connexió en funció de com ho soldem. La femella que utilitzarem és la següent:

Figura 2.8.14. Imatge del connector femella dels motors.

Soldarem l'alimentació dels motors que prové de la PCB als dos pins de l'esquerra, i a la dreta hi soldarem el TX+ i el TX- referents a la connexió del bus RS-485 del connector COM4/5 de la CPU, el resultat és el següent:

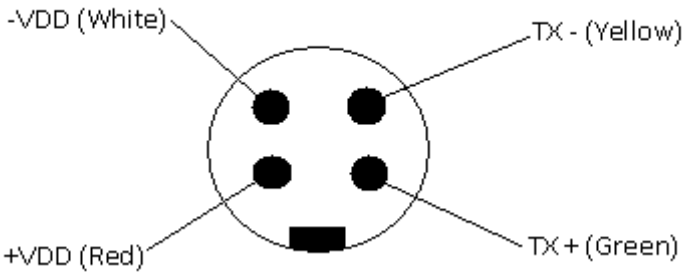


Figura 2.8.15. Esquema dels pins del connector femella dels motors.

Hem afegit els colors de cada connexió, aquests colors fan referència als colors dels cables del motor, d'aquesta manera establint aquest ordre, evitarem efectuar cap connexió errònia en el futur.

Però hem de tenir en compte de on traurem els cables de TX- i TX+, mirant el manual de la CPU podem veure que són els pins 5 i 7 del connector RS-485 proporcionat per la CPU.

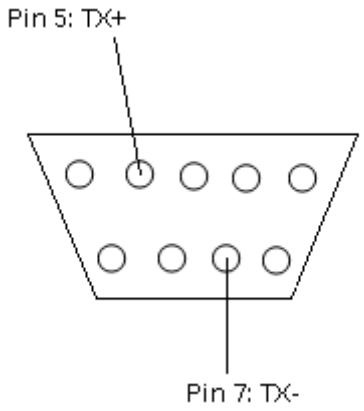


Figura 2.8.16. Esquema dels pins del cable RS-485 de la CPU.

Ara ja només ens falta connectar la bateria a la PCB, tenint en compte la polaritat. Però no la connectarem fins que no haguem acabat al complet tot el cablejat. El que sí que ja podem fer és fixar-la mitjançant les brides que té col·locades.

Connectarem el ventilador de la part del darrera del robot a la M4, en concret a la tensió de 12V que proporciona la M4 a la CPU. D'aquesta manera sempre que funcioni la CPU s'encendrà el ventilador.

Arribats en aquest punt, el robot, ja es troba totalment cablejat i encaixa perfectament l'electrònica a dins de la carcassa d'alumini, tal i com es pot veure a la imatge següent:

Figura 2.8.17. Imatge del robot SBv3.

Una vegada hem acabat totes les connexions de la part interior del robot, acabarem d'arreglar algunes de les connexions exteriors, és a dir la connexió dels motors i de la femella del carregador de bateries.

La femella del carregador de bateries, disposa també de 3 vies, 2 per als pols i una per la terra. Agafant el cable del carregador de bateries, ens indica la polaritat de cada cable amb el símbol (+/-), per tant utilitzant el tester comprovem el + i el – i soldem els cables al connector. El connector utilitzat és el següent:

Figura 2.8.17. Imatge del connector femella del carregador de la bateria.

A continuació realitzarem una petita comprovació amb el multímetre de que tots els components connectats tinguin una correcta polaritat. Una vegada realitzada la comprovació, prosseguim amb el muntatge de la connexió dels motors.

Pels motors utilitzarem un connector acotat de 4 vies, aquest anirà roscat ja que mentre el robot funcioni, estarà connectat i amb les vibracions es podria desconnectar:

Figura 2.8.18. Imatge del connector mascle acotat dels motors.

Connectem els 4 cables al connector, i aquests aniran al primer motor. Hem de tenir en compte quins son els cables de l'alimentació i quins són els de les dades, una vegada detectats els connectarem al primer motor tenint en compte el següent esquema:

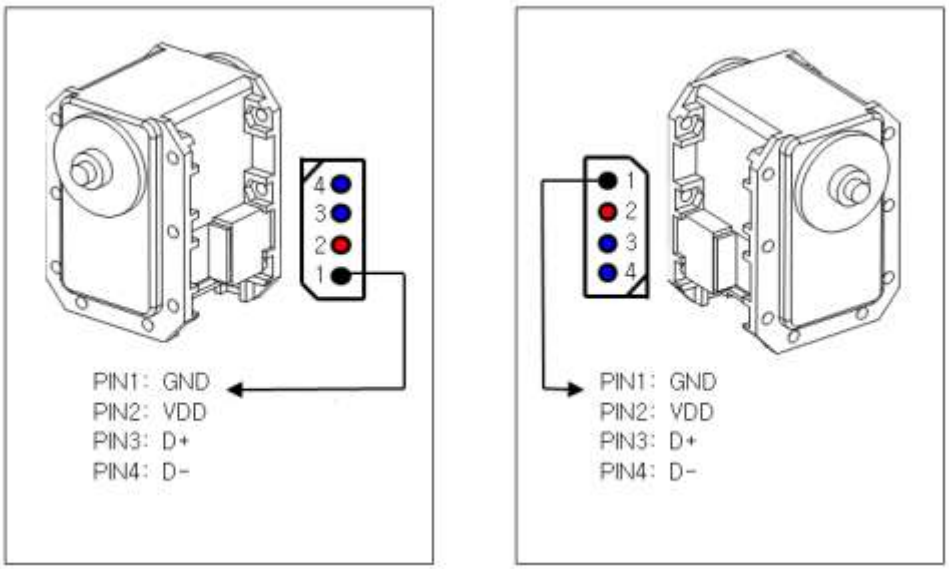


Figura 2.8.19. Esquema dels pins dels motors.

Com podem veure els motors, tenen dues entrades, una a cada costat, i aquestes tenen la polaritat invertida, per tant depenent de per on entrin els cables hauran d'anar d'una manera o d'una altre.

Una vegada tenim el primer motor connectat, des d'aquest anirem al següent i d'aquest a l'altre fins a connectar els 4 motors en sèrie. Tenint en compte la polaritat, la unió entre motor i motor serà de la següent manera:

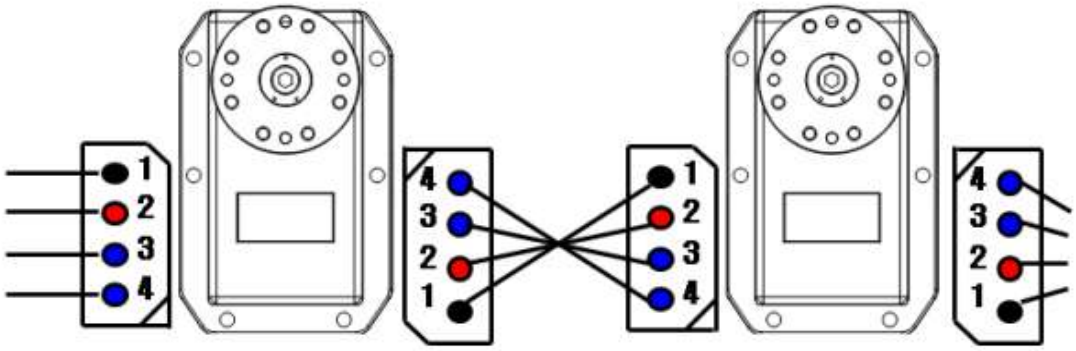


Figura 2.8.20. Esquema de les connexions dels motors en sèrie.

És molt important tenir sempre present la polaritat invertida, ja que si es realitza malament la connexió, es danyaran els servomotors.

Una vegada connectats els motors, ja només ens falta instal·lar les antenes i ja tindrem tot el robot acabat i disposat a funcionar.

2.8.3. Temps de muntatge

Taula d'hores de muntatge:

Nº Actiitat	Activitat	Durada (h)
1	Muntatge components electrònics	4
2	Reformes en el disseny dels components electrònics	3
3	Muntatge del nou disseny dels components electrònics	3
4	Soldadura de la PCB	2
5	Cablejat de la CPU	5
6	Muntatge del cablejat USB	2
7	Muntatge del cablejat ethernet	2
8	Cablejat PCB	5
9	Soldadura paro d'emergència	1
10	Soldadura interruptor seleccionador	1
11	Soldadura connexió carregador bateria	1
12	Soldadura connexió alimentació externa	1
13	Soldadura mascle i femella connexió RS-485	3
14	Cablejat motors	4
15	Revisió connexions	2
	Total	39 h

Taula 2.8.1. Temps de muntatge.

Diagrama de Gantt, utilitzant el número d'activitat de la taula d'hores de muntatge:

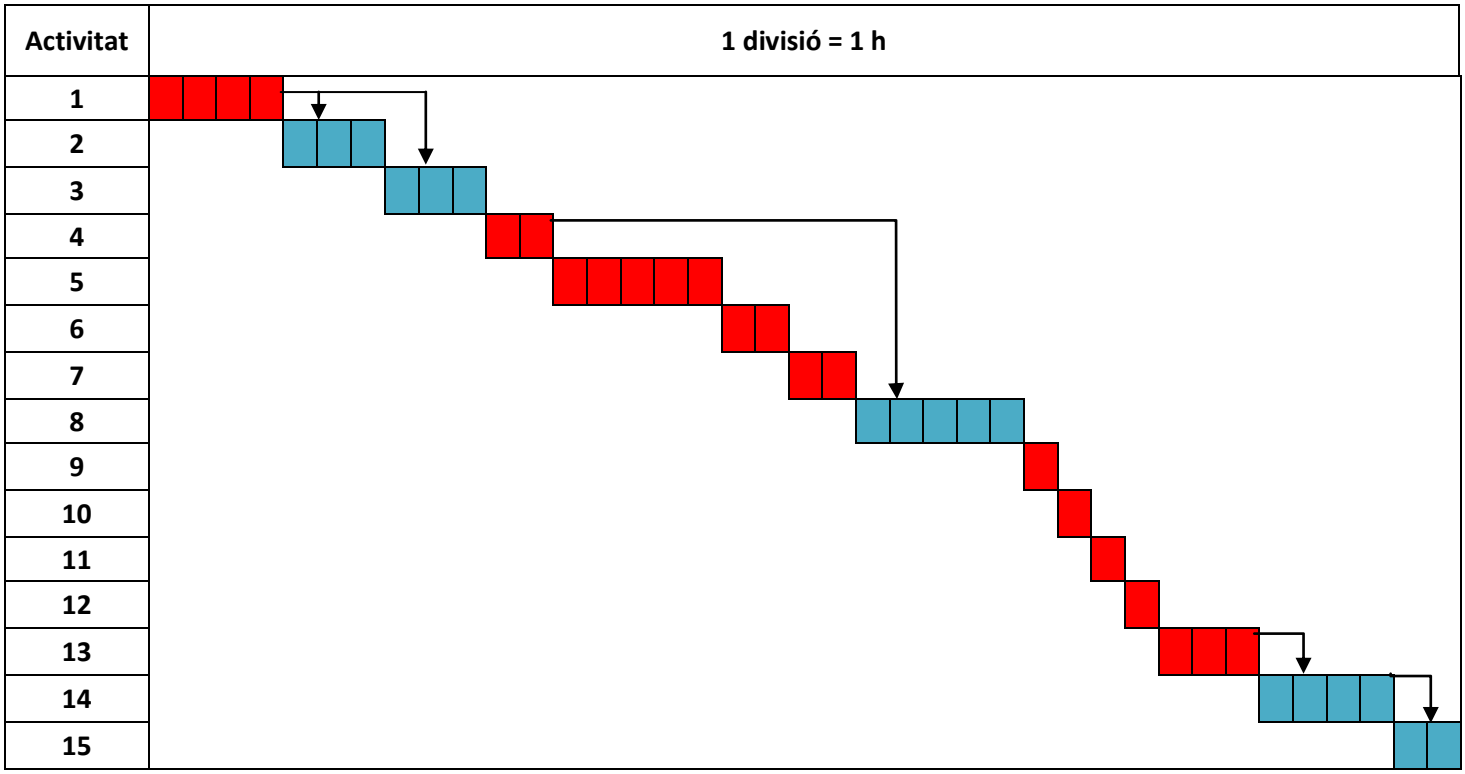


Figura 2.8.21. Diagrama de Gantt del muntatge.

Les activitats de color vermell, són activitats independents, és a dir, es poden realitzar amb l'ordre desitjada ja que no influeixen en cap altra activitat. En canvi, les activitats blaves depenen de la finalització d'altres activitats per a poder-les realitzar

2.9. Posta en marxa

2.9.1. CPU

La CPU PCM-9562 està composta per la BIOS "AMI 16 Mbit Flash BIOS", aquesta BIOS ja porta incorporada una configuració per defecte.

Però a més, aquesta BIOS també porta incorporat el programa d'instal·lació AMIBIOS que permet canviar la configuració de la BIOS i controlar les diverses funcions del sistema. Les modificacions que podem realitzar amb aquest programa, es guarden a la CMOS recolzada per la bateria. D'aquesta manera, es guarda la configuració fins i tot quan la CPU no disposa d'alimentació.

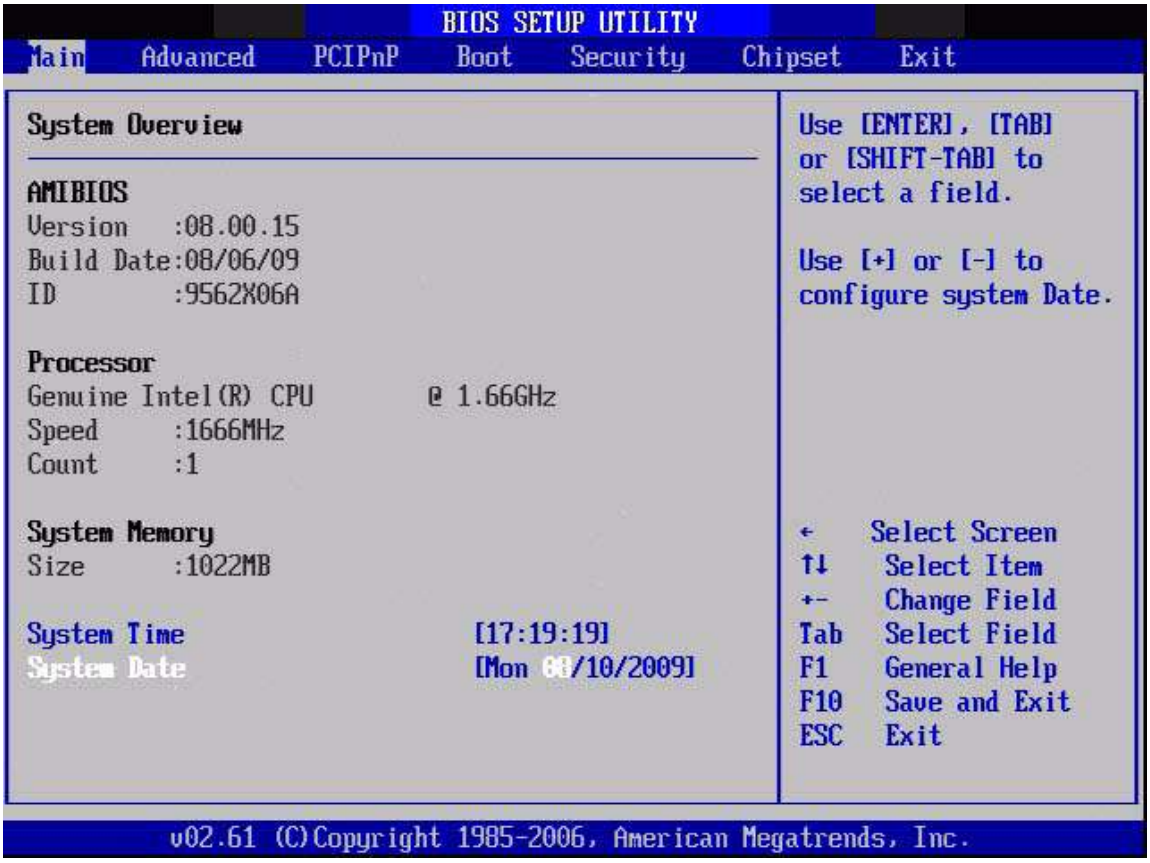


Figura 2.9.1. Imatge de la configuració de la BIOS.

Nosaltres, en un principi utilitzarem la configuració per defecte de la BIOS, però per a canviar-la, al manual d'usuari de la PCM-9562 ens explica pas a pas com canviar la configuració de cada element de la CPU.

Respecte al sistema operatiu de la CPU, hi hem instal·lat l'última versió de Microsoft Windows, el Windows 7. Hem escollit aquest sistema operatiu, ja que és més lleuger, estable i ràpid que el seu antecessor.

2.9.2. Càmera

El nostre robot incorpora la càmera IQ040SI de la marca IQinVision, com hem dit anteriorment, es tracta d'una càmera IP:

Figura 2.9.2. Imatge de la càmera IP.

Connectem aquesta càmera al POE via ethernet, i el POE serà l'encarregat de transmetre les imatges captades per la càmera al router. El router serà l'encarregat de transmetre a través de la seva connexió amb la CPU les imatges de la càmera.

Per a provar-ne el funcionament, és molt senzill. Només ens fa falta saber la IP per defecte de la càmera, aquesta IP la podrem trobar al manual d'instal·lació que ens proporciona el fabricant de la càmera.

Figura 2.9.3. Imatge de la càmera IP realitzant proves de funconament.

La IP per defecte que ens proporciona el fabricant per al nostre model de càmera, és la "192.168.1.200". Ara només necessitarem introduir aquesta IP a qualsevol navegador i visualitzar- ne les imatges captades per la càmera.

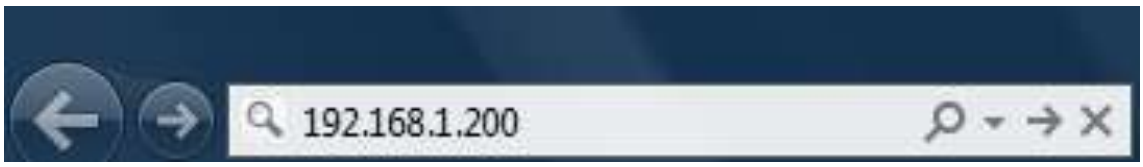


Figura 2.9.4. Imatge de la IP introduïda en el cercador.

2.9.3. Motors

El robot disposa de 4 servomotors del fabricant Robotis aquests motors pertanyen a la sèrie Dynamixel en concret el model RX-64, aquests motors els controlarem a través del bus RS-485. Com he dit anteriorment, aquests motors es poden controlar mitjançant l'enviament i recepció de paquets de 8 bits, cap de stop i 1 de paritat, però en el nostre cas només volem verificar-ne el funcionament.

Per a verificar-ne el funcionament, tenim un software que ens proporciona el fabricant de forma gratuïta amb el que ens permetrà moure els nostres motors. Aquest software s'anomena Roboplus i serveix per a controlar qualsevol motor fabricat per Robotis. Ens podem descarregar el software des d'aquest link: http://www.robotis.com/xe/download_en [23/5/2012].

Una vegada instal·lat el programa, el posem en marxa i ens apareixerà una pantalla amb diferents pestanyes, seleccionem la pestanya "Expert", tot seguit triem l'opció "Dynamixel Wizard", tal i com se'ns indica aquesta opció ens permet gestionar els actuadors des de l'ordinador.

Figura 2.9.5. Imatge del programa Robo Plus.

Ara des del "Dynamixel Wizard", hem de buscar el port al qual es troben connectats els nostres motors, per fer-ho seleccionem l'opció de la cerca automàtica que revisarà tots els ports fins a trobar els servomotors:

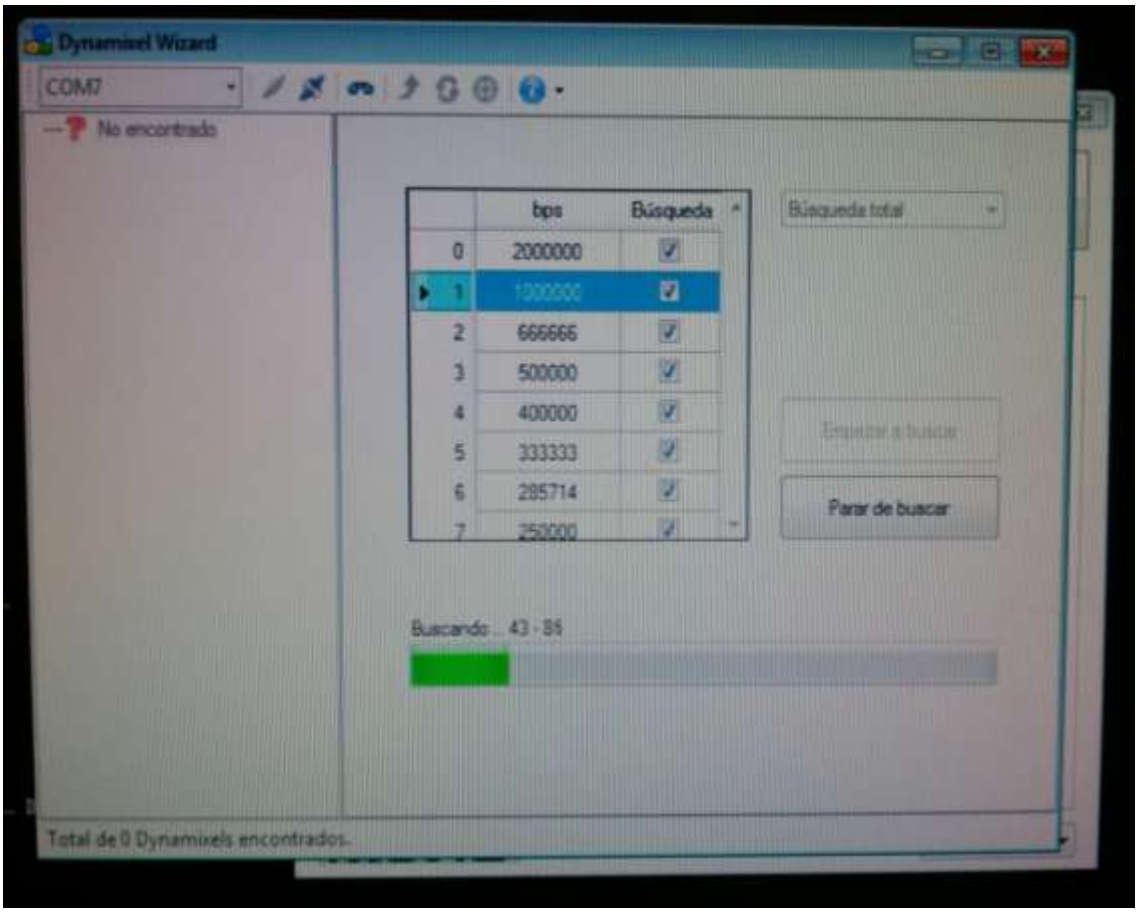


Figura 2.9.6. Imatge del Dynamixel Wizard.

Una vegada trobat el port dels motors, mitjançant també el "Dynamixel Wizard", podrem moure'ls com nosaltres desitjem.

2.9.4. Acceleròmetre

Una vegada ja programat el microcontrolador del nostre acceleròmetre amb el programa recomanat pel fabricant, hem vist com ens retorna uns angles que fan referència als 3 eixos del nostre acceleròmetre, però només mirant aquests angles no podem confirmar que el nostre dispositiu funcioni a la perfecció.

Una vegada instal·lats els drivers del fabricant FTDI corresponents al nostre dispositiu, el nostre ordinador ja ha de poder reconèixer l'acceleròmetre connectat per mitjançant una connexió USB. Per comprovar que està tot correctament, obrim l'administrador de dispositius de windows, a l'apartat on fica "Ports (COP i PLT)" haurà de sortir el nostre acceleròmetre com a port USB sèrie:

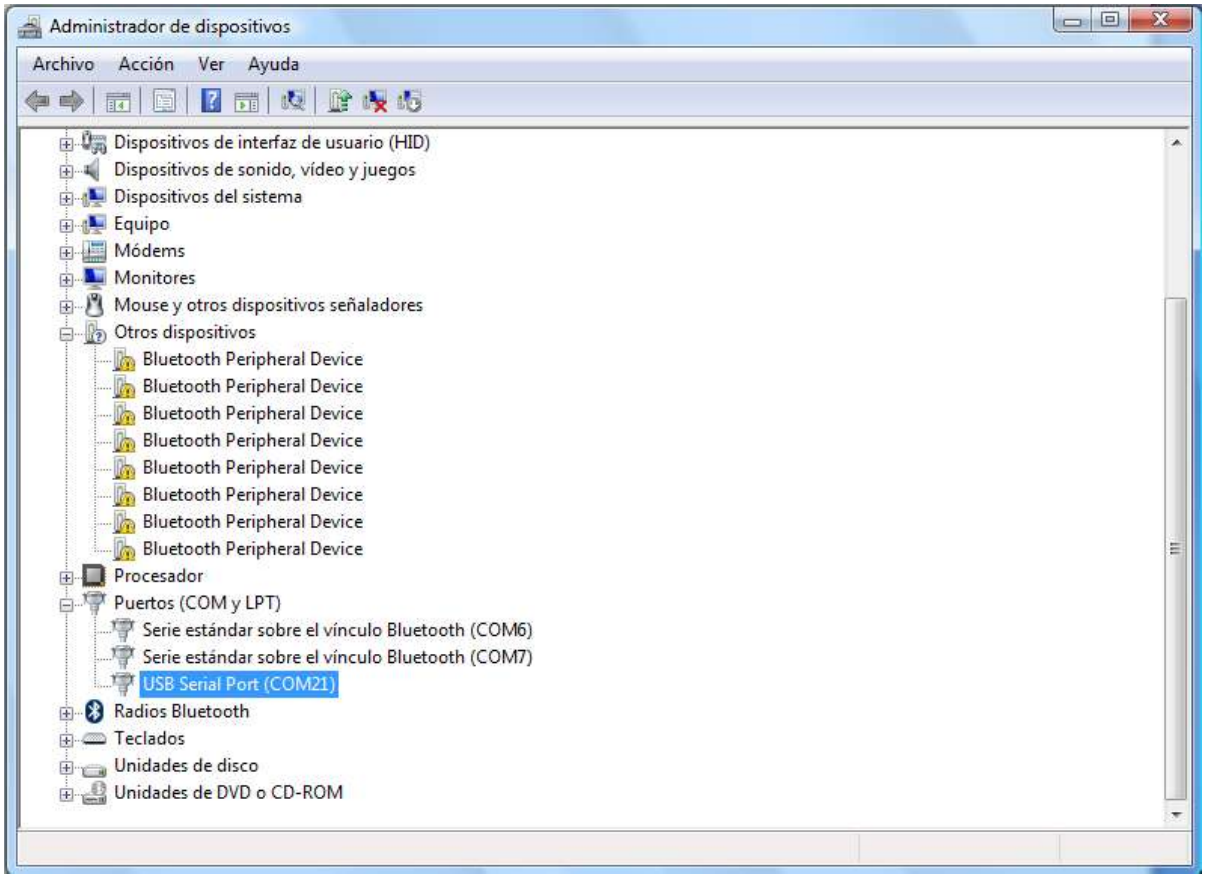


Figura 2.9.7. Imatge de l'administrador de dispositius de Windows.

Podem veure que el nostre ordinador l'ha identificat com a COM21, és important saber el port al que està connectat ja que més endavant ho necessitarem. Amb el botó dret del ratolí accedim a propietats d'aquest dispositiu, comprovem que funciona perfectament i que els drivers del dispositiu són els que ens ha proporcionat el fabricant FTDI. En el robot, correspon al COM6.

Una vegada ens hem assegurat de tenir el dispositiu connectat perfectament al nostre ordinador, mitjançant el codi també recomanat per el fabricant del dispositiu aconseguirem una interfaç gràfica que ens mostrarà els moviments dels eixos de l'acceleròmetre, aquest codi també és obert i es troba a www.code.google.com [4/5/2012], el codi que utilitzarem és el "IMU_Razor9DOF.py" és un codi fet en el llenguatge de programació Python.

Pyhton és un llenguatge de programació d'alt nivell, que utilitza una sintaxis molt neta per a aconseguir un codi més fàcil de llegir. Es tracta d'un llenguatge de programació multiparadigma degut a que suporta orientació d'objectes, programació interactiva i programació funcional. Aquest codi és administrat per la "Python Software Foundation" i posseeix una llicència de codi obert.

Per tant, per a poder executar el codi que ens hem descarregat, necessitarem el programa Python. Per aconseguir-lo és relativament fàcil, ja que també és un programa de software lliure, és a dir, ens el podem descarregar i utilitzar sense la necessitat de cap tipus de llicència. Podem descarregar-ne l'última versió d'aquest programa, la versió 2.7.3 des de la pàgina web de Python: http://www.python.org [4/5/2012].

Una vegada instal·lat el programa, necessitarem instal·lar un altre programa, que tindrà la funció d'accedir al dispositiu connectar al port USB, aquest programa enllaçarà l'acceleròmetre amb el programa Python. El programa és el PyWin32, també és de codi obert, per tant ens el podrem descarregar sense cap problema, hem de tenir en compte que ens hem de baixar la versió que sigui compatible amb la versió del programa Python que tenim instal·lat.

A continuació hem d'instal·lar la llibreria "PySerial" al programa Python, és una llibreria que proporciona el suport per ports sèrie remots. Tant aquesta llibreria com el programa PyWin32 els podem descarregar des de la pàgina web: http://sourceforge.net [4/5/2012].

Per acabar, ja només haurem d'instal·lar un mòdul de blocs en 3D, que ens permetrà crear objectes en 3D i mostrar-los en temps real en una finestra. Aquest bloc és diu VPython i també és de codi obert, el podem trobar a la següent web: http://vpython.org/contents/download_windows.html [4/5/2012].

Una vegada ja ho tenim tot apunt per a executar el codi en Python, obrim el codi amb un editor de textos qualsevol, i el modifiquem per a que s'adapti a les nostres característiques. És a dir, establim el port sèrie amb el que el nostre ordinador identifica l'acceleròmetre (en el nostre cas COM21) i establim la velocitat a 57600 bauds, de tal forma que quedarà així:

```
ser = serial.Serial(port='COM21',baudrate=57600, timeout=1)
```

Guardem els canvis desats, i ara ja podem executar el codi, per fer-ho nomes ens cal obrir el fitxer guardat del codi amb el programa Python, i aquest s'executarà automàticament. A continuació s'obriran tres finestres:

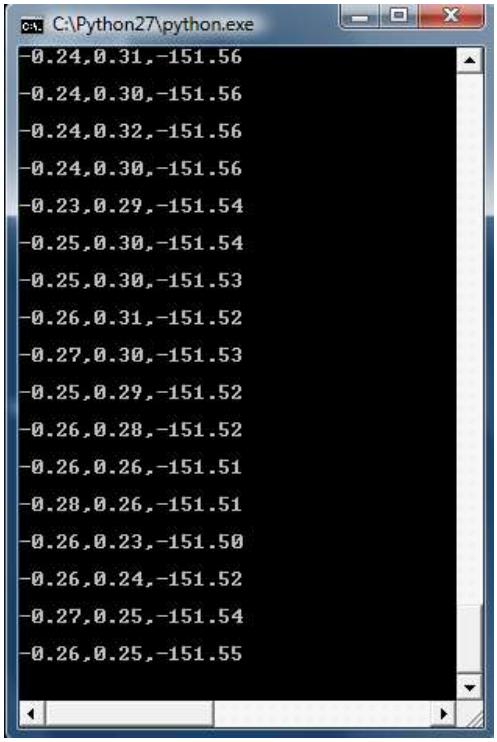


Figura 2.9.8. Imatge de la visualització dels angles.

La primera finestra que s'obre, ens mostra els angles dels 3 eixos de l'acceleròmetre, que ens proporciona el microcontrolador, a partir d'aquests angles es generen les dues altres finestres.

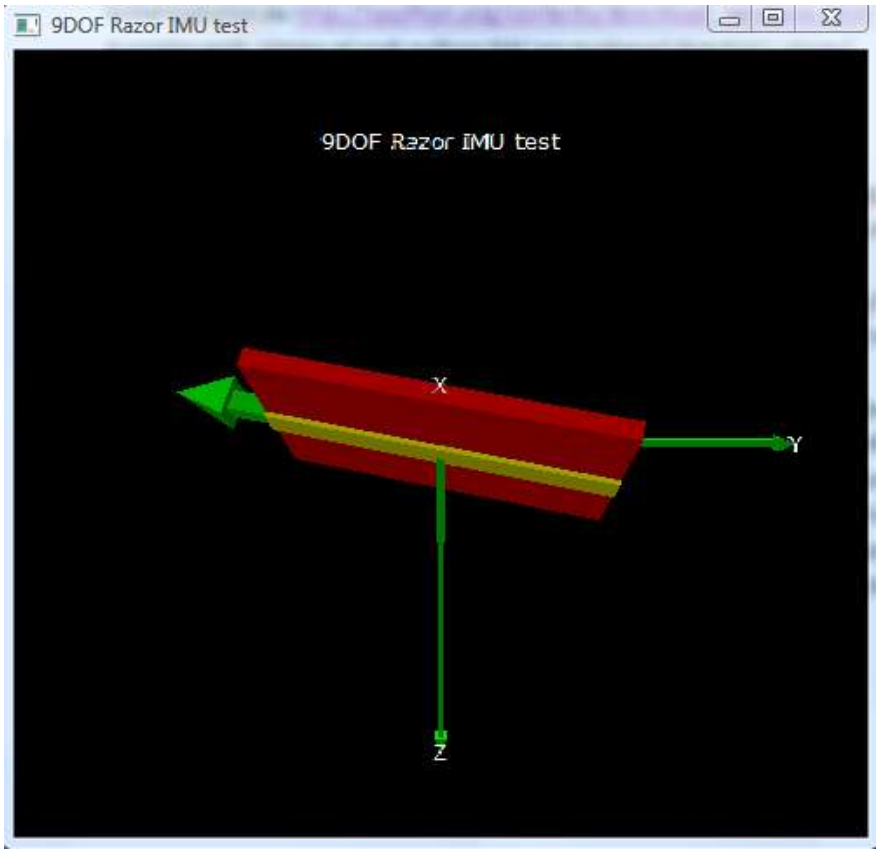


Figura 2.9.9. Imatge visualització gràfica de l'acceleròmetre.

Aquesta segona finestra, ens mostra un bloc en tres dimensions sobres uns eixos de coordenades, i una fletxa per indicar la part frontal del bloc. Aquest bloc representa el nostre dispositiu, i es mourà en temps real imitant els moviments del nostre acceleròmetre.

Figura 2.9.10. Imatge de l'orientació de l'acceleròmetre.

I per acabar, aquesta última finestra ens mostra els graus d'inclinació de l'accelerómetre, i també la direcció a la que mira la part frontal del dispositiu.

Mitjançant aquestes tres finestres, podem comprobar que l'acceleròmetre que hem col·locat al nsotre robot, funciona correctament. A més, es genera un fitxer de text, registrant tot el moviment que ha realitzat l'acceleròmetre des de l'execusió del codi Python.

2.9.5. GPS

El GPS que va escollir l'empresa M-Bot per al robot, és el GPS-09159, aquest GPS funciona seguint el protocol NMEA. Els GPS estàn dissenyats per a que transmetin informació de forma continuada, per tant connectant-nos al GPS amb un programa com Hyperterminal, podrem veure'n les dades que transmet el GPS i verificar-ne el funcionament.

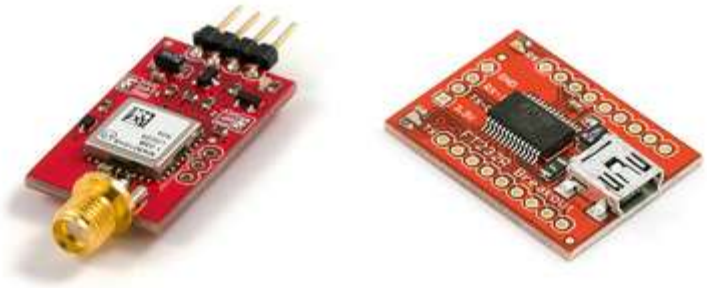


Figura 2.9.11. Imatge del GPS i del seu adaptador USB.

Tenim el GPS, però el connectarem a la nostra CPU per mitjà de l'adaptador USB FT232R, per a que la CPU pugui reconèixer el dispositiu, haurem d'instal·lar els drivers necessàris depenent del sistema operatiu que utilitzem, en el cas del robot utilitza Windows7.

Aquests drivers, ens els proporciona el mateix fabricant del dispositiu, ens els podem descarregar des de la pàgina web: http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm [11/6/2012]. Una vegada descarregats, només els hem d'instal·lar i comprovar com la CPU ara ja reconeix el dispositiu.

Per comprovar, que la CPU ha reconegut el dispositiu i a més saber en quin port es troba. Ho farem de la mateixa manera que amb l'acceleròmetre, obrint l'administador de dispositius del windows i allí ens sortirà. En el robot, tenim el GPS connectat al port COM7.

Una vegada identificat el port, ja podem utilitzar el programa Hyperterminal, i connectar-nos al GPS. Per de configurar la connexió però, per fer-ho hem de mirar el manual i veure els valors per defecte amb que treballa el GPS, aquests valors són:

- Connexió al port: COM7
- Velocitat: 4800 bits per segon
- Bits de dades: 8
- Bits de paritat: NO
- Bits de parada: 1
- Control de flux: hardware

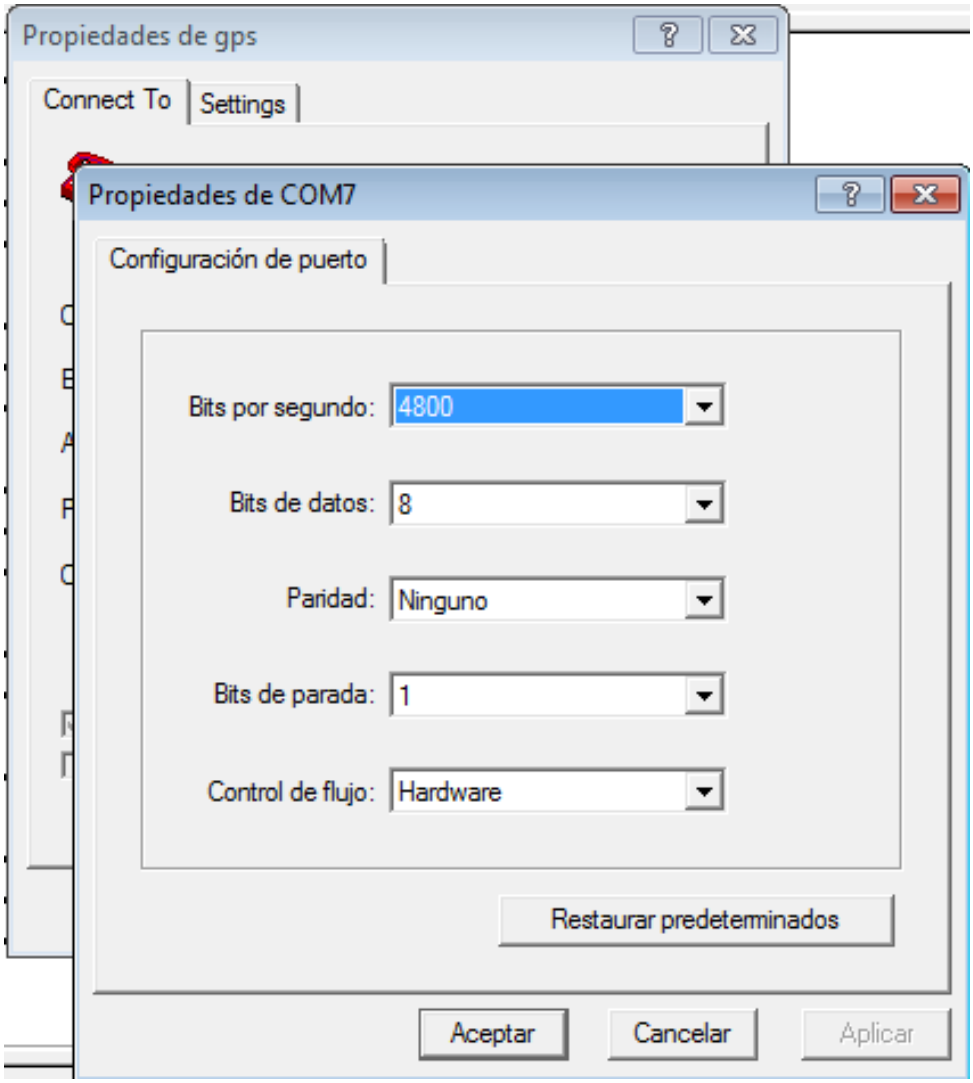


Figura 2.9.12. Imatge de la configuració del GPS.

Una vegada configurada la connexió amb el GPS, aceptem i veiem el resultat. Com ja he dit anteriorment el GPS està configurat per a proporcionar dades de forma continua, per tant, si la connexió està ben configurada haurem de poder visualitzar aquestes dades. El resultat que hem obtingut és el següent:

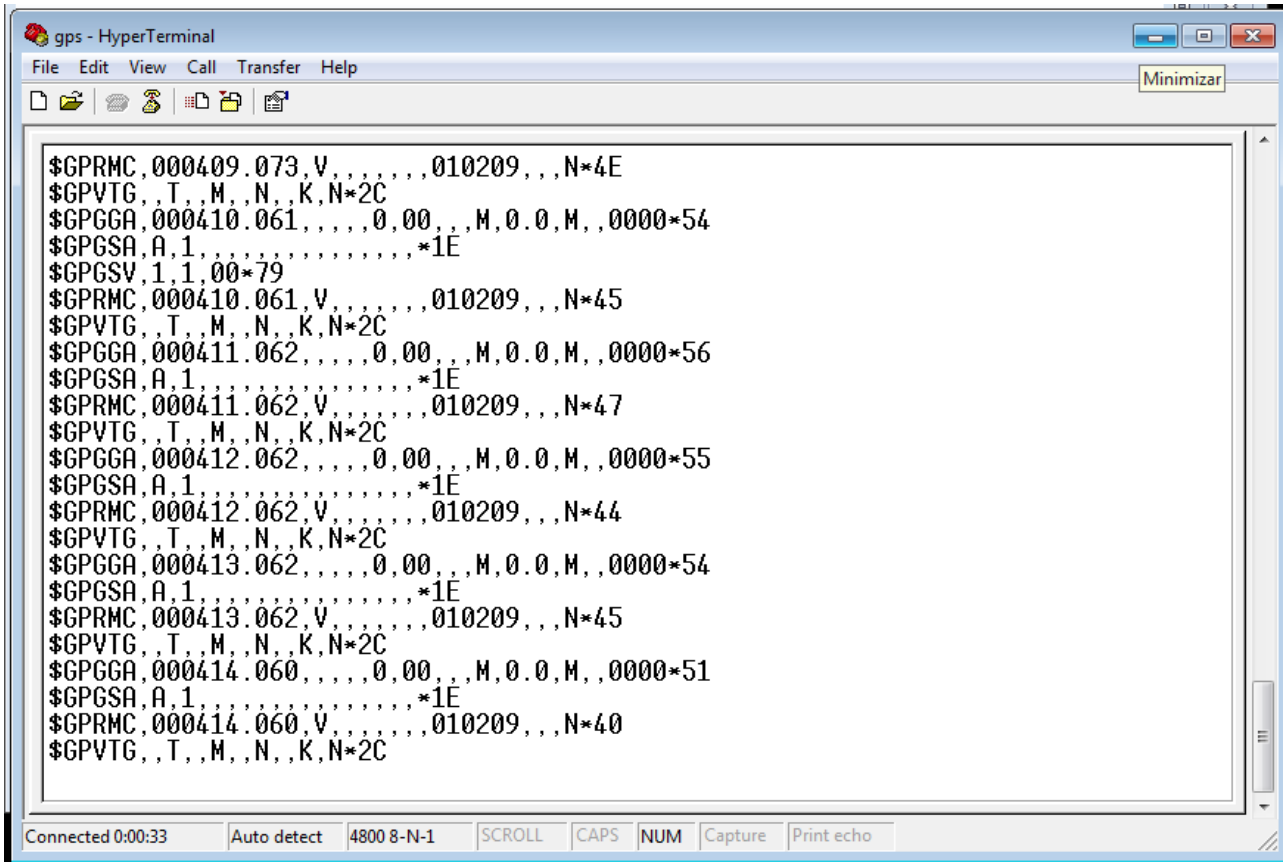


Figura 2.9.13. Valors enviats per el GPS.

Com podem veure a la imatge, el GPS ens proporciona dades de forma periòdia i ininterrumpudament, per tant podem verificar el seu funcionament. Per a poder descifrar aquestes dades que ens envia, només ens cal mirar el protocol NMEA i veure a que es refereix cada dada, podem trobar aquest manual a l'annex.

2.10. Manual d'usuari

Per arrancar el robot s'ha de presionar l'interruptor selecciónador, a continuació arrancaràn tots els components del robot i s'iluminarà el led indicatiu de l'interruptor seleccionador.

Sí després de presionar l'interruptor, el led no s'encèn significa que la bateria està descarregada. Llavors tindrem de connectar el carregador de la bateria al robot i esperar 5 hores per a carregar totalment la bateria, una vegada carregada tindrem una autonomia aproximada d'una hora en ple funcioncionament.

El robot disposa d'una CPU de baix consum amb el sistema operatiu Windows 7 i els programes necessaris per a controlar cada dispositiu.

Per al moviment, el robot disposa de 4 servomotors que proporcionen la tracció i la direcció, aquests motors es controlen a través del bus RS-485, a través d'un programa com Hyperterminal podem establir una connexió i comunicar-nos amb ells mitjançant l'enviament i recepció de paquets de dades de 8 bits, per a més informació veure l'apartat *"2.7.1.6.2 Realització dels paquet"s.*

Figura 2.10.1. Imatge dels 4 motors RX-64.

Respecte el GPS, aquest està connectat a la CPU del robot mitjançant un connector USB Mini B, per a poder visualitzar-ne les dades, només hem d'obrir el programa hyperterminal i establir una connexió al port COM7 a una velocitat de 4800 bits per segon amb 8 bits de dades, cap de paritat i 1 de stop, a partir d'aquí obtindrem les dades i en podrem realitzar les modificacions necessàries. Per entendre aquestes dades, hem de tenir en compte que el GPS utilitza el protocol NMEA, per a més informació del protocol veure l'annex.

Figura 2.10.2. Imatge del GPS.

Pel que fa a l'acceleròmetre de 3 eixos i 9 graus de llibertat instal·lat al robot i connectat a la CPU a través d'un USB Mini B, aquest està configurat i ja només ens cal establir-hi una connexió per visualitzar els canvis en els angles dels 3 eixos. Si es desitja tornar a configurar el microcontrolador Atmega328, s'aconsella utilitzar el programa Arduino i establir la connexió a 8MHz.

.

Figura 2.10.3. Imatge de l'acceleròmetre.

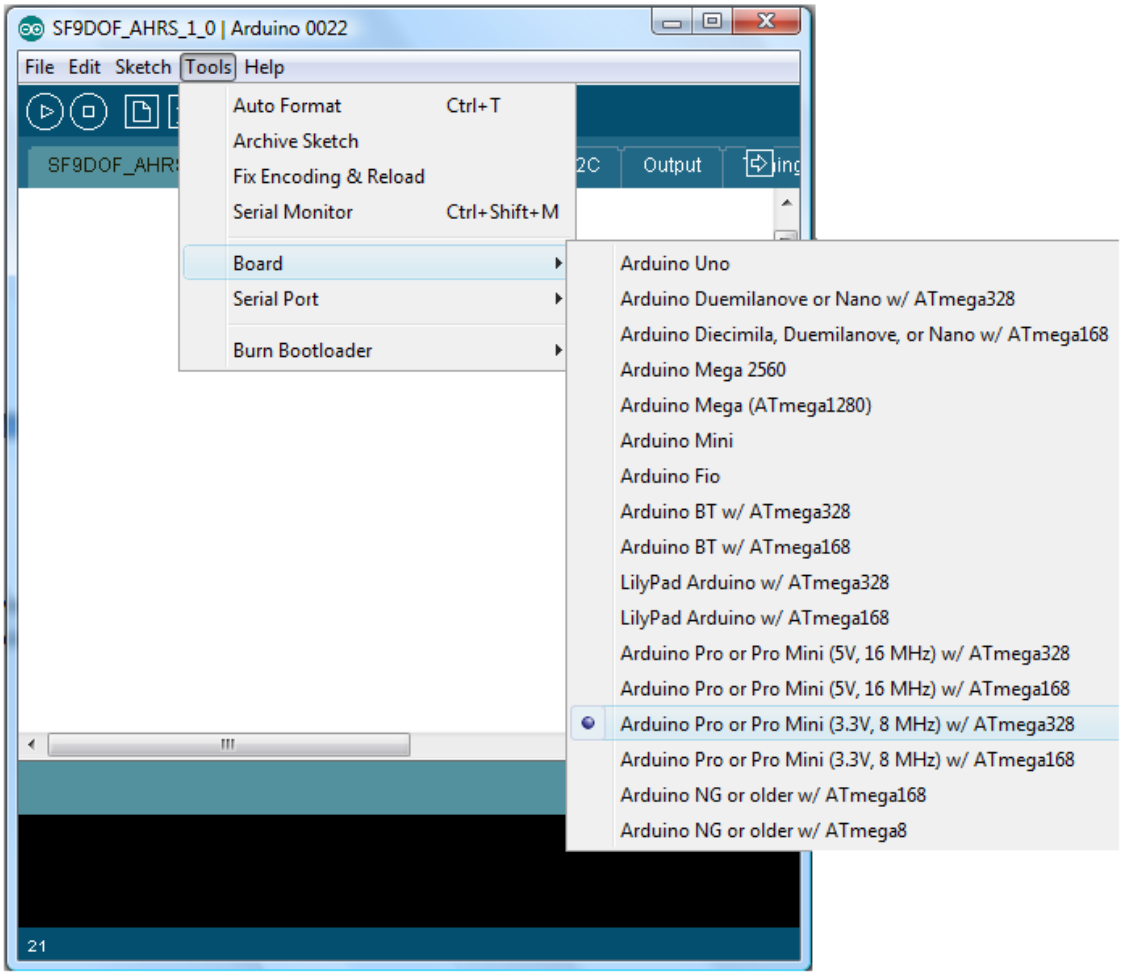

SF9DOF_AHRS_1_0 | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
Auto Format Ctrl+T
Archive Sketch
Fix Encoding & Reload
Serial Monitor Ctrl+Shift+M
Board
Serial Port
Burn Bootloader
Output
Arduino Uno
Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328
Arduino Diecimila, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168
Arduino Mega 2560
Arduino Mega (ATmega1280)
Arduino Mini
Arduino Fio
Arduino BT w/ ATmega328
Arduino BT w/ ATmega168
LilyPad Arduino w/ ATmega328
LilyPad Arduino w/ ATmega168
Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega328
Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega168
Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega328
Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega168
Arduino NG or older w/ ATmega168
Arduino NG or older w/ ATmega8
21

Figura 2.10.4. Actualització del software de l'acceleròmetre.

Una vegada el dispositiu configurat, utilitzant un programa com hyperterminal i connectant-nos al COM 6 a 57600 bits per segon en podrem visualitzar els moviments dels 3 eixos. Però si es desitja veure el resultat d'una forma gràfica, el robot incorpora un software fet amb codi "*Python IMU_Razor9DOF.py"* que executant-lo podrem veure una representació gràfica del moviment de l'acceleròmetre.

El nostre robot a més incorpora una càmera IP col·locada a la part frontal del robot, per a visualitzar-ne les imatges només necessitarem connectar-nos a la xarxa del router i a través de qualsevol navegador, incloure-hi la IP de la càmera a la barra de dreçeres i a continucació veurem les imatges d'aquesta. La IP per defecte de la càmera és la *"192.168.1.200"*.

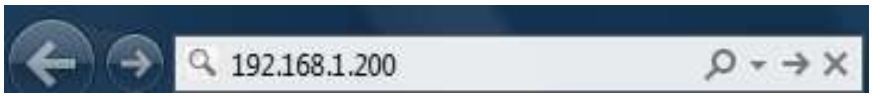


Figura 2.10.5. Imatge de la IP de la càmera en el cercador.

Per a poder controlar el robot a distància, disposem d'un router que ens proporciona una xarxa sense fils, aquest router està programat per defecte, però si es desitja canviar-ne la configuració s'explica a l'apartat *"2.6.3.5.1. Configuració"*.

A la part de les connexions del robot, hi ha incorporat un paro d'emergència com a mesura de seguretat, al ser pressionat desactivà l'alimentació dels motors però la resta de dispositius segueixen en funcionament. També hi podem trobar dues connexions USB, dues RS-232 i una VGA per a poder connectar-nos a la CPU del robot.

També hem incorporat uns sistema d'alimentació independent de la bateria, d'aquesta manera quan es programi el robot no necessitarem la bateria, al connectar aquest sistema es desconnecta l'alimentació dels motors com a mesura de seguretat.

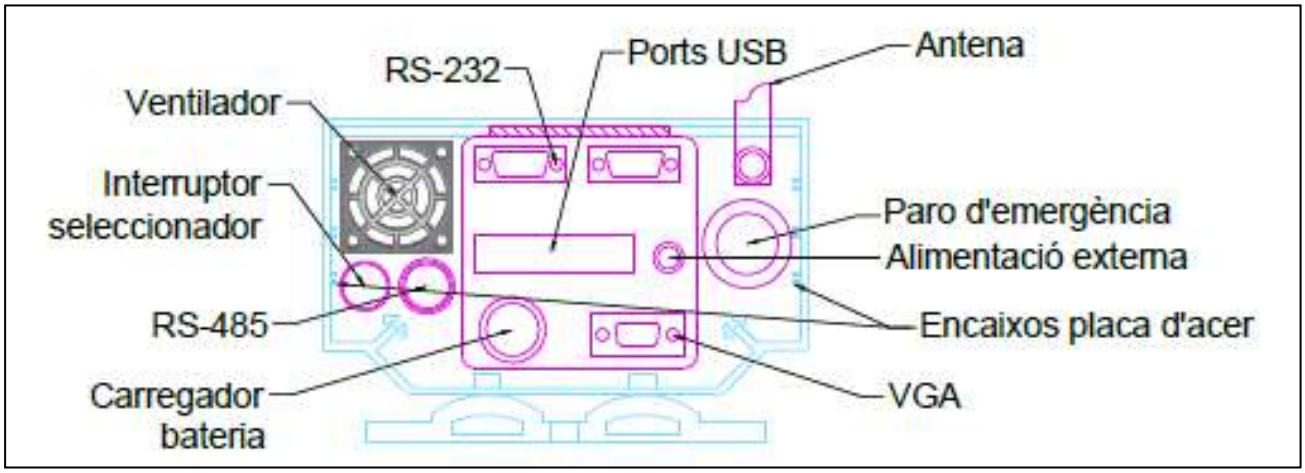


Figura 2.10.6. Imatge de les connexions del robot SBv3.

2.11. Pressupost

2.11.1. Pressupost prototip

2.11.1.1. Preu dels components electrònics

Referència	Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
PCM-9562	CPU d'Advantech de (203x146mm)	1 ut.	275,00	275,00
M4	Convertidor DC-DC	1 ut.	72,27	72,27
V+ 180	Memòria d'estat sòlid Kingston	1 ut.	114,96	114,96
RX-64	Servomotors de Dinamixel	4 uts.	226,02	904,08
RB433UAHL	Router de MikroTik	1 ut.	104,16	104,16
R5Hn	Tarjeta Mini Pci que proporciona Wifi	1 ut.	47,64	47,64
IQ040SI	Càmera IP d'Axis	1 ut.	226,9	226,9
GPS-11058	Sistema de posicionament global (GPS)	1 ut.	40,33	40,33
FT232RL	Adaptador FTDI USB per al GPS	1 ut.	12,07	12,07
SEN-10125	Acceleròmetre de 3 eixos i 9 graus de llibertat.	1 ut.	60,87	60,87
DEV-10009	Adaptador FTDI USB per a l'acceleròmetre	1 ut.	7,57	7,57
MPL027	Interruptor d'acer inoxidable de Bulguin	1 ut.	10,50	10,50
84.5040.0020	Polsador paro d'emergència	1 ut.	22,45	22,45
MCKD1204FS2.11.GN	Ventilador de petites dimensions MULTICOMP	1 ut.	6,45	6,45
31357	Bateria polímer de liti de 10Ah i 14,8V	1 ut.	123,59	123,59
01211	Carregador de bateria polímer de liti	1 ut.	17,66	17,66
VEP36US12	Alimentador extern XP POWER	1 ut.	19,11	19,11
1N5401RL	Diode ON Semiconductor de 3A	1 ut.	0,22	0,22
178.6764.0001	Portafusibles Prudenz	4 uts.	0,93	3,72
1727036	Terminal 4 vies Phoenix Contact	1 ut.	1,37	1,37
1727023	Terminal 3 vies Phoenix Contact	1 ut.	1,04	1,04
1727010	Terminal 2 vies Phoenix Contact	7 uts.	0,69	4,83
168.6785.5107	Fusible FK1 10 A de Prudenz	1 ut.	0,57	0,57
168.6785.4507	Fusible FK1 5 A de Prudenz	1 ut.	0,52	0,52
0297002.WXNV	Fusible FK1 2 A de Littelfuse	2 uts.	0,92	1,84
G2RL-2 12DC	Relé doble pol DPCO Omron de 8A i 12V	1 ut.	2,66	2,66
JCB0312D24	CONVERTIDOR DC/DC 48V	1 ut.	15,44	15,44
34.51.7.012.0010	Relé Finder SPCO de 6A i 12V	2 uts.	4,94	9,88
V23079-A1003-B301	Relé Axicom DPDT de 5A	2 uts.	4,58	9,16
TOTAL				2.116,86

Taula 2.11.1. Components electrònics

2.11.1.2. Preu dels components mecànics

Referència	Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
-	Estructura d'alumini del robot	1 ut.	40	40
-	Placa d'acer inoxidable 45,5cm x 18cm x 2mm	1 ut.	30	30
#4789	Rodes tot terreny Hpi-racing Dirt Buster	4 uts.	42,5	170
-	Sistema de suspensió	2 uts.	45	45
-	Tapes d'alumini de la caixa del robot	2 ut.	12	24
1466783	Torreta de ferro de M3 de 26mm	4 uts.	0,42	1,68
1466731	Torreta de ferro de M3 de 8mm	4 uts.	0,33	1,32
1466773	Torreta de ferro de M3 de 22mm	4 uts.	0,42	1,68
1466803	Torreta de ferro de M3 de 30mm	3 uts.	0,43	1,29
1420431	Femelles d'acer inoxidable amb freno M3	22 uts.	0,096	2,11
1420452	Femelles M3 de 2mm	15 uts.	0,091	1,37
1420814	Volandera M3 de 0.5mm	5 uts.	0,061	0,30
1419785	Cargol M3 de 6mm	9 uts.	0,022	0,20
1261872	Cargol M3 avellanat de 8mm	2 uts.	0,070	0,14
1420398	Cargol M3 de 10mm	10 uts.	0,035	0,35
1420054	Cargol M3 de 16mm	1 ut.	0,14	0,14
-	Kit de cables per a la CPU	1 ut.	38,00	38,00
09 0312 00 04	Connexió RS-485 femella de 4 vies	1 ut.	4,91	4,91
09 0137 70 04	Connexió RS-485 mascle acotat de 4 vies	1 ut.	10,52	10,52
PX0646	Connexió femella 3 vies cargador bateria	1 ut.	4,02	4,02
PX0429	Connexió mascle 3 vies cargador barteria	1 ut.	1,50	1,50
721A	Connexió femella alimentació externa	1 ut.	3,38	3,38
VEP PLUG EU	Adaptador europeu alimentador extern	1 ut.	1,47	1,47
1600836	Cable per als motors de 4mm amb 4 conductors	1 m.	4,04	4,04
3854619	Cable ethernet	0,5 m.	7,80	3,90
5-569552-3	Connector mascle ethernet	4 uts.	1,56	6,24
104004-0505	Connector mascle USB tipus B	2 ut.	4,64	9,28
HTC5057-1	Cable de 2 conductors de 0,5mm^2	4 m.	0,48	1,92
Gps-00464	Antena imantada per a GPS amb connexió SMA	1 ut.	10,50	10,50
ACSWIM	Antena amb connexió MMCX per al router	1 ut.	12,16	12,16
MCSC40-P15/45	Protector ventilador	1 ut.	3,85	3,85
MCSC40-M45	Filtre ventilador	1 ut.	1,26	1,26
www.pcbcart.com	Placa circuit integrat	1 ut.	35,81	35,81
TOTAL				472,34

Taula 2.11.2. Components mecànics.

2.11.1.3. Preu treballs realitzats

Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
Elecció dels components hardware	40 h.	30,00	1200
Disseny PCB	15 h.	30,00	450
Disseny distribució hardware	15 h.	30,00	450
Reformes en el disseny del hardware	10 h.	30,00	300
Muntatge del hardware	10 h.	18,00	180
Muntatge PCB	2 h.	18,00	36
Cablejat del hardware	25 h.	18,00	450
Revisió del cablejat	2 h.	20,00	40
Programació del software	30 h.	35,00	1050
Revisió del funcionament del software	4 h.	20,00	80
Posta en marxa	5 h.	20,00	100
Confecció de la documentació pertinent	20 h.	17,00	340
TOTAL			**4.676**

Taula 2.11.3. Treballs realitzats.

2.11.1.4. Pressupost general

Descripció	Preu Total (€)
Cost dels components electrònics	2.116,86
Cost dels components mecànics	472,34
Cost dels treballs realitzats	4.676
COST TOTAL	**7.265,2 €**

Taula 2.11.4. Cost final

El cost total del prototip és de XXX, hem de tenir en compte que he realitzat el pressupost sense tenir en compte el desgast de l'equip, ni el lloguer del taller.

2.11.2. Pressupost d'una producció de 1000 unitats

Per a poder amortitzar els costos que han ocasionat la producció del prototipus amb la producció en sèrie de 1000 unitats, utilitzarem la següent formula:

$$Amortització_{Unitat} = \frac{Cost\ del\ Prototip}{Nombre_{unitats}} = \frac{7265{,}2}{1000} = 7{,}26\ €/unitat$$

Per tant, tindrem de recaptar la quantitat de7,26€ com a mínim per cada venda, d'aquesta manera aconseguim l'amortització del cost del prototip.

Al realitzar una comanda de 1000 unitats, els costos del robot disminueixen considerablement, ja que en alguns casos es redueix gairebé fins al 50% del preu.

2.11.2.1. Preu components electrònics

Referència	Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
PCM-9562	CPU d'Advantech de (203x146mm)	1 ut.	199	199
M4	Convertidor DC-DC	1 ut.	53	53
V+ 180	Memòria d'estat sòlid Kingston	1 ut.	82	82
RX-64	Servomotors de Dinamixel	4 uts.	150	600
RB433UAHL	Router de MikroTik	1 ut.	74,16	74,16
R5Hn	Tarjeta Mini Pci que proporciona Wifi	1 ut.	35,64	35,64
IQ040SI	Càmera IP d'Axis	1 ut.	143,9	143,9
GPS-11058	Sistema de posicionament global (GPS)	1 ut.	28,78	28,78
FT232RL	Adaptador FTDI USB per al GPS	1 ut.	8,64	8,64
SEN-10125	Acceleròmetre de 3 eixos i 9 graus de llibertat.	1 ut.	40,32	40,32
DEV-10009	Adaptador FTDI USB per a l'acceleròmetre	1 ut.	4,57	4,57
MPL027	Interruptor d'acer inoxidable de Bulguin	1 ut.	7,25	7,25
84-5040.0020	Polsador paro d'emergència	1 ut.	17,64	17,64
MCKD1204FS2.11.GN	Ventilador de petites dimensions MULTICOMP	1 ut.	4,75	4,75
31357	Bateria polímer de liti de 10Ah i 14,8V	1 ut.	103,28	103,28
01211	Carregador de bateria polímer de liti	1 ut.	14,52	14,52
VEP36US12	Alimentador extern XP POWER	1 ut.	15,29	15,29
1N5401RL	Diode ON Semiconductor de 3A	1 ut.	0,168	0,16
178.6764.0001	Portafusibles Prudenz	4 uts.	0,76	3,04
1727036	Terminal 4 vies Phoenix Contact	1 ut.	0,94	0,94
1727023	Terminal 3 vies Phoenix Contact	1 ut.	0,70	0,70
1727010	Terminal 2 vies Phoenix Contact	7 uts.	0,38	2,66
168.6785.5107	Fusible FK1 10 A de Prudenz	1 ut.	0,30	0,30
168.6785.4507	Fusible FK1 5 A de Prudenz	1 ut.	0,28	0,28
0297002.WXNV	Fusible FK1 2 A de Littelfuse	2 uts.	0,38	0,76
G2RL-2 12DC	Relé doble pol DPCO Omron de 8A i 12V	1 ut.	1,96	1,96
JCB0312D24	CONVERTIDOR DC/DC 48V	1 ut.	12,35	12,35
34.51.7.012.0010	Relé Finder SPCO de 6A i 12V	2 uts.	3,95	7,9
V23079-A1003-B301	Relé Axicom DPDT de 5A	2 uts.	1,91	3,82
TOTAL				1.466,61

Taula 2.11.5. Llista components electrònics.

Aquest apartat, l'hem aconseguit abaratir 650,24€ respecte a la producció del prototip.

2.11.2.2. Preu dels components mecànics

Referència	Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
-	Estructura d'alumini del robot	1 ut.	20	20
-	Placa d'acer inoxidable de 45,5cm x 18cm x 2mm	1 ut.	12	24
#4789	Rodes tot terreny Hpi-racing Dirt Buster	4 uts.	27,5	110
-	Sistema de suspensió	1 uts.	25	25
-	Tapes d'alumini de la caixa del robot	2 ut.	7	14
1466783	Torreta de ferro de M3 de 26mm	4 uts.	0,22	0,88
1466731	Torreta de ferro de M3 de 8mm	4 uts.	0,18	0,72
1466773	Torreta de ferro de M3 de 22mm	4 uts.	0,28	1,12
1466803	Torreta de ferro de M3 de 30mm	3 uts.	0,29	0,87
1420431	Femelles d'acer inoxidable amb freno M3	22 uts.	0,083	1,82
1420452	Femelles M3 de 2mm	15 uts.	0,081	1,21
1420814	Volandera M3 de 0.5mm	5 uts.	0,051	0,25
1419785	Cargol M3 de 6mm	9 uts.	0,018	0,16
1261872	Cargol M3 avellanat de 8mm	2 uts.	0,060	0,12
1420398	Cargol M3 de 10mm	10 uts.	0,022	0,22
1420054	Cargol M3 de 16mm	1 ut.	0,11	0,11
-	Kit de cables per a la CPU	1 ut.	27,00	27,00
09 0312 00 04	Connexió RS-485 femella de 4 vies	1 ut.	3,53	3,53
09 0137 70 04	Connexió RS-485 mascle acotat de 4 vies	1 ut.	7,12	7,12
PX0646	Connexió femella 3 vies cargador bateria	1 ut.	2,87	2,87
PX0429	Connexió mascle 3 vies cargador barteria	1 ut.	1,18	1,28
721A	Connexió femella alimentació externa	1 ut.	2,43	2,43
VEP PLUG EU	Adaptador europeu alimentador extern	1 ut.	1,18	1,18
1600836	Cable per als motors de 4mm amb 4 conductors	1 m.	2,98	2,98
3854619	Cable ethernet	0,5 m.	6,32	3,16
5-569552-3	Connector mascle ethernet	4 uts.	1,21	4,84
104004-0505	Connector mascle USB tipus B	2 ut.	2,54	5,08
HTC5057-1	Cable de 2 conductors de 0,5mm^2	4 m.	0,42	1,68
Gps-00464	Antena imantada per a GPS amb connexió SMA	1 ut.	8,80	8,80
ACSWIM	Antena amb connexió MMCX per al router	1 ut.	10,24	10,24
MCSC40-P15/45	Protector ventilador	1 ut.	2,84	2,84
MCSC40-M45	Filtre ventilador	1 ut.	0,88	0,88
www.pcbcart.com	Placa circuit integrat	1 ut.	0,62	0,62
TOTAL				287,01

Taula 2.11.6. Components mecànics

2.11.2.3. Preu dels treballs realitzats

Els treballs de disseny i programació, ja han estat realitzats en el prototipus, per tant ja no els haurem de contar en aquest apartat, el muntatge del robot tot i ser una producció en sèrie, he contat els costos d'un muntatge manual.

Descripció	Unitats	Preu unitari (€)	Preu total (€)
Muntatge en sèrie del hardware	1,5 h.	18,00	27
Muntatge en sèrie de la PCB	1h.	18,00	18
Cablejat del hardware	2 h.	18,00	36
TOTAL			**81**

Taula 2.11.7. Treballs realitzats.

Podem observar, que d'aquesta part és de la que més diners ens estalviem al realitzar una producció en sèrie, ja que és una part que només cal realitzar una vegada i al produir 1000 unitats s'aprofita més aquesta part.

2.11.2.4. Pressupost general

Descripció	Preu Total (€)
Cost dels components electrònics	1466,61
Cost dels components mecànics	287,01
Cost dels treballs realitzats	81
COST TOTAL	**1.834,62 €**

Taula 2.11.8. Cost final.

Per tant la producció d'una unitat és de 1.834,62€, si la comparem amb el preu del prototipus que era de 7.265,2 és 5.430,58€ més barata.

A aquest preu però, s'hi haurà d'afegir el cost per a l'amortització del prototip que hem calculat anteriorment que és de 7,26€/unitat, també hi podem sumar un 25% més al preu que seran els beneficis que obtindrem per cada venda. A més també hi haurem d'afegir els impostos (IVA 18%):

Descripció	Preu Total (€)
Cost producció una unitat	1.834,62
Cost d'amortització per unitat del prototip	7,26
Beneficis d'un 25%	460,47
IVA 18%	414,42
PREU DE VENDA	**2.716,77 €**

Taula 2.11.9. Preu de venda al públic.

Afegint aquests suplements extres, obtenim que el preu idoni de venta al públic del nostre robot de producció en sèrie és de 2.716,77€ la unitat. Aquest és el preu ideal que ens proporcionarà l'amortització del prototip i un bon benefici per a nosaltres.

3. Conclusions

La primera impressió que vaig tenir sobre el projecte va ser la d'un repte, veia el muntatge del robot molt difícil i complicat, amb molts cables que no sabia on connectar-los. Però a mesura que ha transcorregut el temps que he dedicat a aquest projecte i he après sobre cada component del robot, m'ha canviat la forma de veure el muntatge, fins arribar al punt de saber gairebé de memòria on va connectat cada cable i component.

Durant el desenvolupament d'aquest projecte han sorgit diversos problemes:

El principal problema ha estat el disseny de la distribució del hardware, degut a que el disseny inicial era erroni. Per tant he dissenyat de nou tota la distribució hardware per a encabir-la en un espai molt reduït. Finalment vaig aconseguir solucionar el problema i l'electrònica del robot s'ha pogut col·locar de la forma desitjada a dins del reduït espai de la carcassa d'alumini.

També m'ha ocasionat molts problemes a l'hora del muntatge el datasheet de la CPU del robot ja que contenia molts errors, errors que m'han suposat grans dificultats per localitzar i solucionar.

La posta en marxa dels components ha estat relativament fàcil, ja que he utilitzat els softwares que proporcionen els fabricants per verificar el correcte funcionament dels dispositius, el més difícil ha estat l'acceleròmetre degut a que he tingut d'actualitzar el software del microcontrolador que porta incorporat.

Un cop superades les dificultats, el projecte s'ha dut a terme sense altres entrebancs. També cal dir que el temps dedicat m'ha ajudat a veure les possibilitats del món de l'electrònica que fins ara eren desconegudes per a mi. A més he vist com combinant diferents dispositius i sincronitzant-los, podem obtenir grans resultats.

El projecte, ha suposat per a mi un repte i alhora una satisfacció.

4. Bibliografia

Tipus de robots: *http://www.tamps.cinvestav.mx/~mgomez/Odometria/node2.html* [6/3/2012]

CPU: *http://www.advantech.com/products/PCM-9562/mod_B2EDAB23-DFF4-4A72-9937-0EF466C37CFE.aspx* [9/5/2012]

M4: *http://www.cartft.com/catalog/il/903* [22/5/2012]

Motors: *http://www.robotis.com/xe/dynamixel_en* [4/6/2012]
http://support.robotis.com/en/techsupport_eng.htm#product/auxdevice/interface/usb2dxl_manual.htm [10/6/2012]

Manual d'usurari dels motors:
http://support.robotis.com/en/techsupport_eng.htm#product/auxdevice/interface/usb2dxl_manual.htm [10/6/2012]

Software dels motors, Robo Plus: *http://www.robotis.com/xe/download_en* [10/6/2012]

Memòria: *http://www.kingston.com/es/ssd* [10/6/2012]

Acceleròmetre: *http://memsblog.wordpress.com/2012/04/04/degrees-of-freedom-vs-axes/* [10/6/2012]
http://www.sparkfun.com/categories/23 [10/6/2012]
http://code.google.com/p/sf9domahrs/downloads/list [10/6/2012]
http://starship.python.net/crew/mhammond/win32/Downloads.html [10/6/2012]
http://www.python.org [10/6/2012]
http://vpython.org/contents/download_windows.html [10/6/2012]

Adaptador USB: *http://www.sparkfun.com/products/8772*[10/6/2012]
http://www.sparkfun.com/products/718 [10/6/2012]

GPS*: http://www.sparkfun.com/categories/4*[10/6/2012]

Protocol NMEA: *http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual-Rev2.1-Dec07.pdf* [10/6/2012]

Interruptor seleccionador*: http://www.bulgin.co.uk/Products/Switches/Switches.html* [1/6/2012]

Càmera: *http://www.kintronics.com/* [20/5/2012]
http://www.axis.com/es/ [20/5/2012]
http://www.iqeye.com/products/sentinel-series.html [20/5/2012]

Router: *http://routerboard.com/*[28/5/2012]

Drivers: *http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm* [10/6/2012]

Bateria:
http://www.avele.org/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=26 [10/6/2012]
http://www.all-battery.com/148vli-polymerandli-ionbatterypacks.aspx [10/6/2012]

Hyperterminal: *http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc736511%28v=ws.10%29.aspx* [10/6/2012]

Suspensió: *http://wpirover.com/category/drive/* [10/6/2012]

Rodes: *http://www.hpieurope.com/piw.php?lang=en&partNo=4789* [3/6/2012]

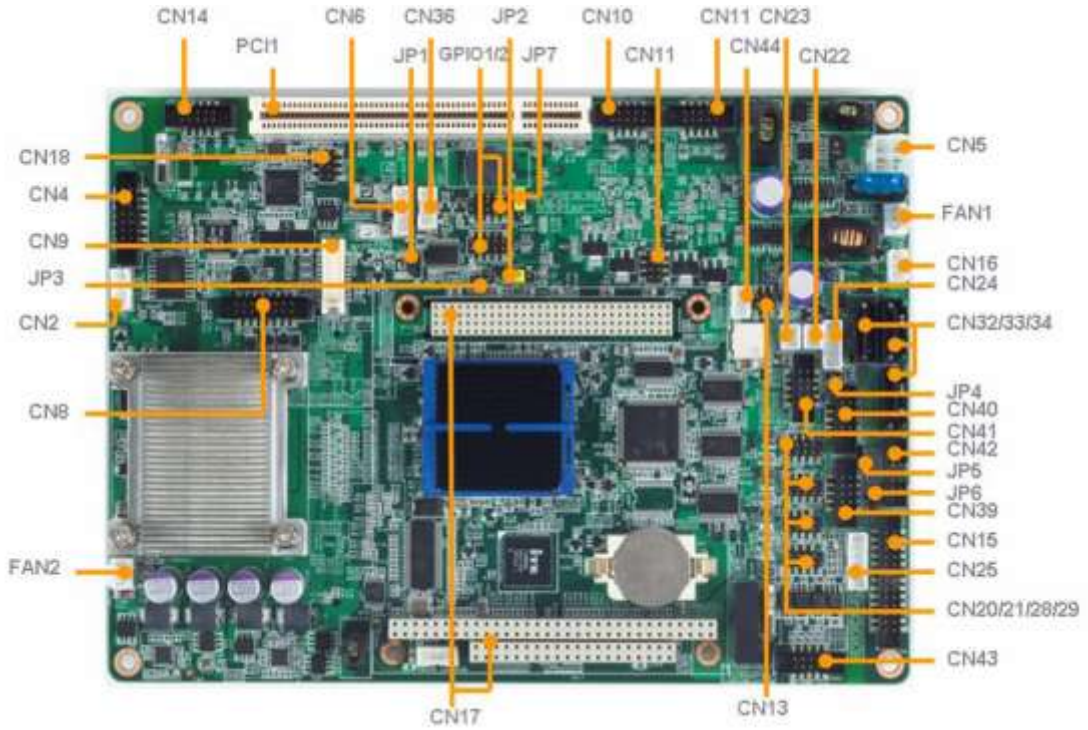
Components: *http://es.farnell.com/* [10/6/2012]

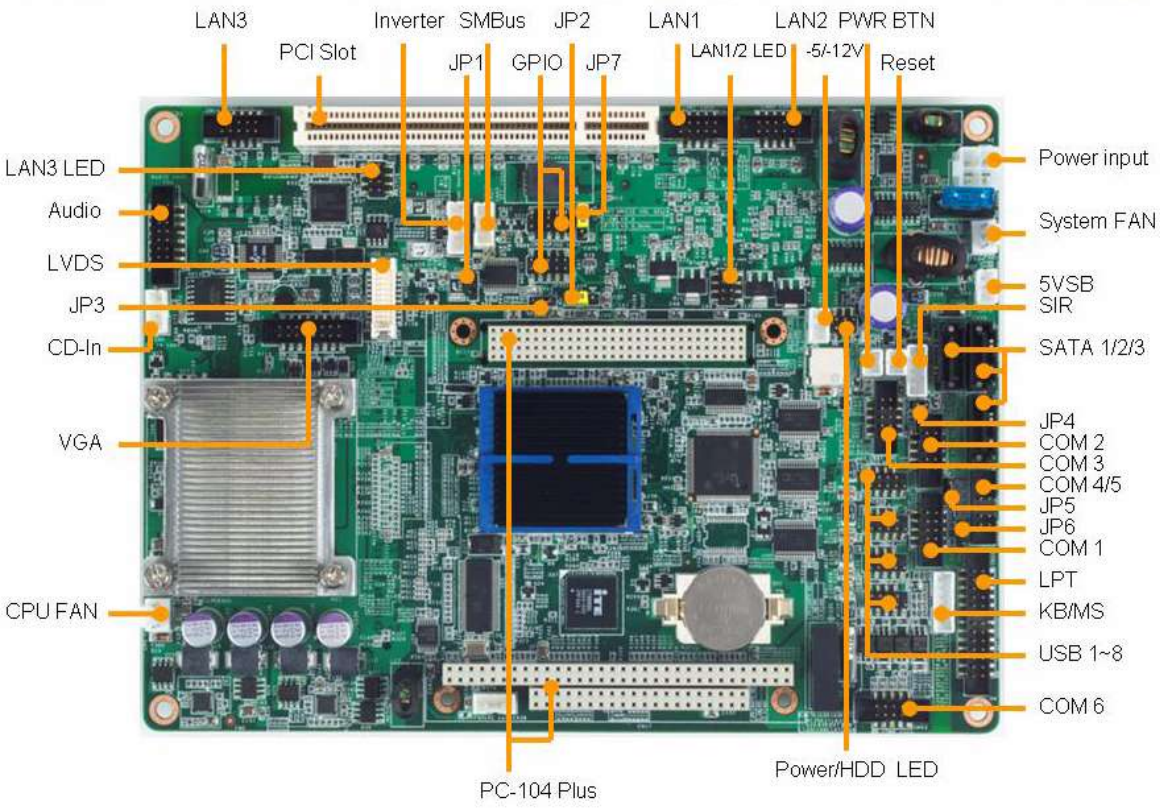
Informació variada: *http://es.wikipedia.org* [10/6/2012]

Annex

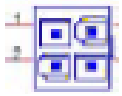
Degut a la llarga extensió dels datasheets i manuals, he optat per incloure només aquelles parts que he considerat importants i imprescindibles per a la realització del projecte.

A 1. Manual connexions PCM-9562



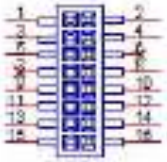


CN5: Power Connector



CN5	Power Connector		
Part Number	1655412090		
Footprint	ATXCON-2X6V-42		
Description	Power CONN.6*2P 180D(M) DIP W/Fixed Lock		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	GND	GND	
2	GND	GND	
3	+12V	PWR	+12V
4	+12V	PWR	+12V

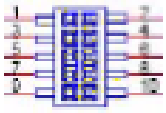
CN8: VGA Connector



CN8	VGA Connector
Part Number	1653208260
Footprint	BH8X2SV
Description	BOX HEADER 8*2P 180D(M) 2.00mm

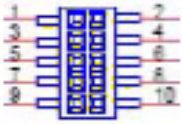
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	Red	O	
2	+V5_CRT	PWR	+5 V
3	GREEN	O	
4	GND	GND	
5	BLUE	O	
6	NC		
7	NC		
8	DDC Data	I/O	
9	GND	GND	
10	HSYNC	O	
11	GND	GND	
12	VSYNC	O	
13	GND	GND	
14	DDC CLK	I/O	
15	GND	GND	
16	NC		

CN10: LAN1 Connector



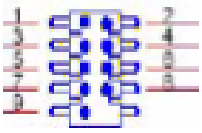
CN10	LAN1 Connector		
Part Number	1653205201		
Footprint	BH5X2DV-2M		
Description	BOX HEADER 5*2P 180D(M) 2.0mm DIP W/ O Pb		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	GND_LAN1	GND	
2	GND_LAN1	GND	
3	LAN1_M3+	I/O	LAN
4	LAN1_M3-	I/O	LAN
5	LAN1_M2+	I/O	LAN
6	LAN1_M2-	I/O	LAN
7	LAN1_M1+	I/O	LAN
8	LAN1_M1-	I/O	LAN
9	LAN1_M0+	I/O	LAN
10	LAN1_M0-	I/O	LAN

CN12: LAN2 Connector



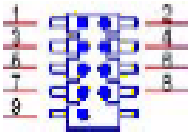
CN12	LAN2 Connector		
Part Number	1653205201		
Footprint	BH5X2DV-2M		
Description	BOX HEADER 5*2P 180D(M) 2.0mm DIP W/O Pb		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	GND_LAN2	GND	
2	GND_LAN2	GND	
3	LAN2_M3+	I/O	LAN
4	LAN2_M3-	I/O	LAN
5	LAN2_M2+	I/O	LAN
6	LAN2_M2-	I/O	LAN
7	LAN2_M1+	I/O	LAN
8	LAN2_M1-	I/O	LAN
9	LAN2_M0+	I/O	LAN
10	LAN2_M0-	I/O	LAN

CN20: USB1/2 Connector



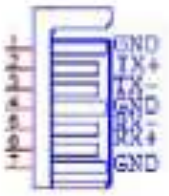
CN20	USB1/2 Connector		
Part Number	1653205261		
Footprint	HD_5x2P_79_BOX_N10		
Description	PIN HEADER 5x2P 180D(M) 2.0mm SMD IDIOT-PROOF		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	+V5DUAL_USB01	PWR	+5 V
2	+V5DUAL_USB01	PWR	+5 V
3	USB0_z_P-	I/O	
4	USB1_z_P-	I/O	
5	USB0_z_P+	I/O	
6	USB1_z_P+	I/O	
7	GND		
8	GND		
9	GND		

CN21: USB3/4 Connector



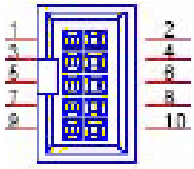
CN21	USB3/4 Connector		
Part Number	1653205261		
Footprint	HD_5x2P_79_BOX_N10		
Description	PIN HEADER 5x2P 180D(M) 2.0mm SMD IDIOT-PROOF		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	+V5DUAL_USB23	PWR	+5 V
2	+V5DUAL_USB23	PWR	+5 V
3	USB2_z_P-	I/O	
4	USB3_z_P-	I/O	
5	USB2_z_P+	I/O	
6	USB3_z_P+	I/O	
7	GND		
8	GND		
9	GND		

CN32: SATA 1 Connector



CN32	SATA 1 Connector		
Part Number	1654003639		
Footprint	SATA_7P_0-1770655-1_D		
Description			
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	GND	GND	
2	SATA0 TX+	I/O	
3	SATA0 TX-	I/O	
4	GND	GND	
5	SATA0 RX-	I/O	
6	SATA0 RX+	I/O	
7	GND	GND	

CN42: COM 4/5 (422 / 485) Connector

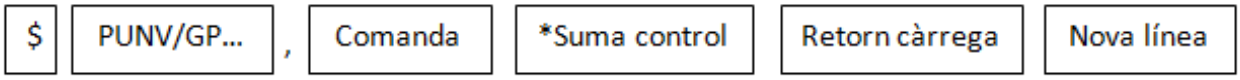


CN42	COM 4/5 (422 / 485) Connector		
Part Number	1653205201		
Footprint	BH5X2DV-2M		
Description	BOX HEADER 5*2P 180D(M) 2.0mm DIP W/O Pb		
Pin	Pin Name	Signal Type	Signal Level
1	COM4_TXD (4_422_RXD-)	OUT	+5V
2	COM3_TXD (3_422_RXD-)	OUT	+5V
3	COM4_RTS# (4_422_RXD+)	I/O	+5V
4	COM3_RTS# (3_422_RXD+)	I/O	+5V
5	COM4_RXD (4_485-422_TXD+)	IN	+5V
6	COM3_RXD (3_485-422_TXD+)	IN	+5V
7	COM4_CTS# (4_485-422_TXD-)	IN	+5V
8	COM3_CTS# (3_485-422_TXD-)	IN	+5V
9	GND		
10	GND		

A 2. Protocol NMEA 0183

Aquest protocol separa els missatges en dos blocs, els missatges d'entrada i els de sortida. Els missatges d'entrada ens permeten controlar el dispositiu, mentre que els de sortida ens proporcionen la informació captada per el dispositiu.

Conforme amb el protocol NMEA-0183, en concret amb la versió del 3.01 del 1 de Juny del 2002. Els missatges tant els d'entrada com els de sortida tindran el següent format:



El símbol del dollar "$" indica el inici del missatge, va seguit del indicador del tipus de missatge, que poden ser dos, el "PUNV" que ens indica missatge d'entrada o bé el indicador de missatge de sortida, és a dir el "GP" seguit del tipus de missatge.

Després, separat mitjançant una coma tenim la comanda del missatge, que variarà en cada cas en funció del tipus de missatge.

La suma de control porta un asterisc davant, aquesta suma serveix per assegurar-se de que el missatge no és erroni. Segons el protocol, aquesta suma es calcularà sumant tots els caràcters, però utilitzant un màxim de 8 bits i sense incloure el símbol del dollar ni l'asterisc. Aquesta suma s'escriurà a continuació de l'asterisc "*" amb hexadecimal utilitzant dos nombres. Sí aquesta suma és errònia, s'ometrà el missatge i es transmetrà un missatge d'error.

La terminació del missatge, sempre estarà delimitada per el "retorn de càrrega" i "nova línea". Aquesta combinació és "\r\n" en el llenguatge de programació en "C" i utilitzant la taula ASCII en hexadecimal el seu valor és "0Dh 0Ah". Els dos caràcters són necessaris per a que l'ordre sigui reconeguda.

El nombre màxim de caràcters que pot contenir el missatge, delimitats entre el símbol del dollar "$" i el final de línea "CR" és de 79. Per tant la grandària màxima del missatge serà de 82 caràcters.

A 2.2. Missatges de sortida

Els missatges de sortida ens proporcionaran les dades que capti el GPS. Seguint el protocol que estem utilitzant, les característiques d'aquests missatges seran les següents:

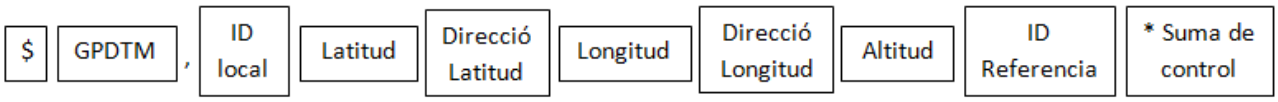
- Quan un camp de dades sigui nul, la unitat de mesura utilitzada també ho serà.
- S'utilitzaran tres dígits per a la fracció decimal de segon en el temps UTC.
- Per a la fracció decimal de minut en latitud i longitud s'empraran quatre dígits.
- Per identificar la ID del satèl·lit s'utilitzen dos dígits, afegint un zero a l'esquerra si és necessari.

Els missatges sempre seguiran estrictament les normes mencionades, tenim 8 tipus de missatges que ens proporcionen informacions diferents. Identificarem el tipus de missatge de que es tracta, ja que després del símbol del dollar "$" aniran les lletres "GP" seguides de tres

lletres identificatives de cada tipus de missatge. El diferent contingut del missatge es separarà entre ell mitjançant l'ús de comes.

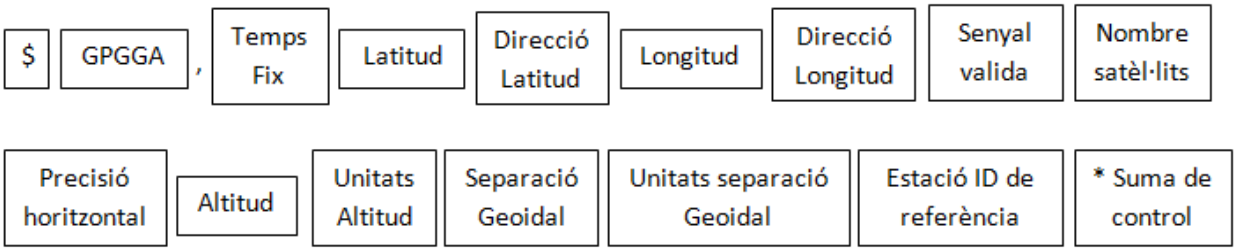
A 2.2.1. Data de referència, DTM

La frase del missatge que utilitza aquestes sigles "DTM", conté l'identificador ID del satèl·lit seleccionat, juntament amb les dades configurades. En aquest missatge s'utilitzen sis dígits per a la fracció decimal de les compensacions de latitud i longitud (en minuts), i dos dígits per a la fracció decimal del desplaçament de l'altitud (en metres). El missatge quedarà distribuït de la següent manera:



A 2.2.2. Establir data, GGA

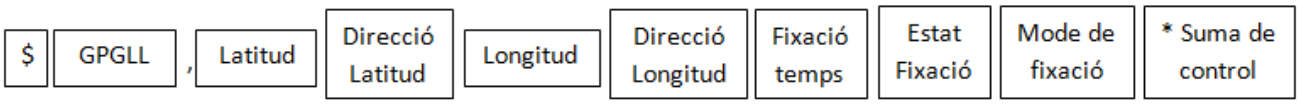
Aquest missatge conté la posició, el temps i la qualitat de la senyal de navegació. El temps comença des de zero i comença a contar a quan es verifica el senyal de navegació. En aquest cas el missatge quedarà constituït de la següent manera:



Aquest missatge veiem que és molt més complet, repeteix algunes de les dades que ens proporcionava el missatge anterior, però n'afegeix d'altres.

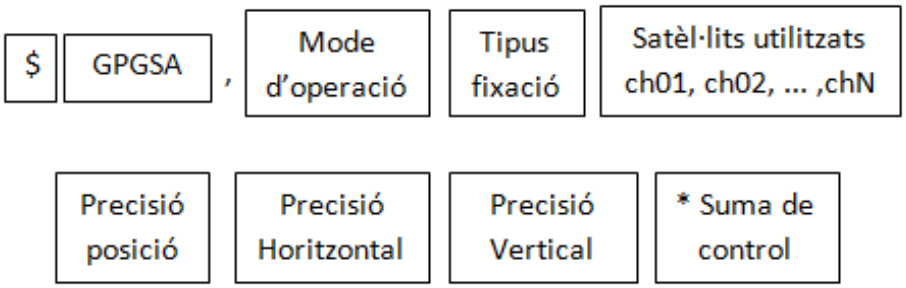
A 2.2.3. Posició geogràfica, GLL

Aquesta sentència ens informa sobre la fixació de la latitud i la longitud. Utilitza el temps de la mateixa forma que el GGA. La seva estructura serà la següent:



A 2.2.4. Activació satèl·lits, GSA

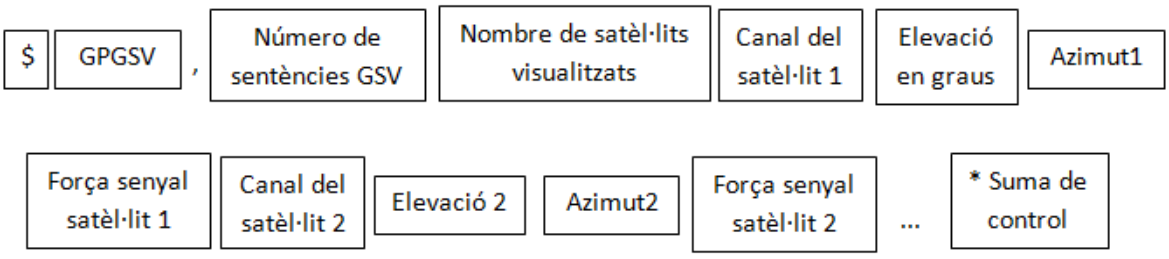
En aquest tipus de missatge hi trobarem el mode d'operació, el tipus de fixació utilitzada i el nombre de satèl·lits utilitzats. L'estructura que tindrà aquesta seqüència és la següent:



Aquest tipus de missatge ens serà molt útil per comprovar si la informació que rebem del nostre GPS és fiable.

A 2.2.5. Visualització satèl·lits, GSV

Aquesta sentència conté els PRNs, l'elevació, l'azimut (l'angle d'una direcció a partir del nord geogràfic), l'elevació i la força de la senyal de tots els satèl·lits que visualitzem. Aquest missatge tindrà la següent estructura:

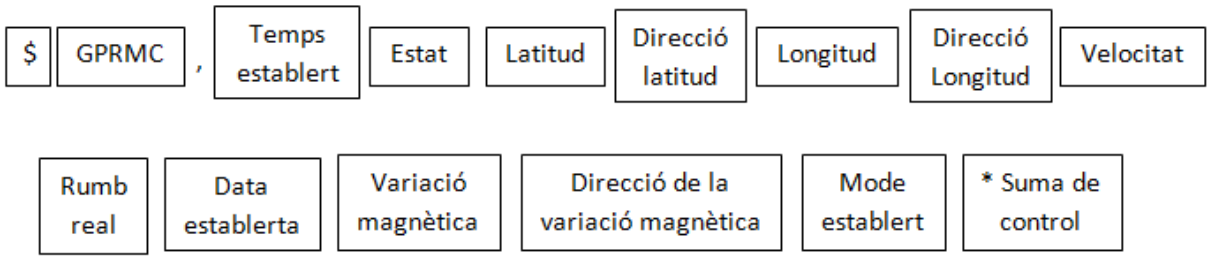


El límit de satèl·lits a visualitzar ve marcat per el nostre dispositiu, que com hem dit anteriorment disposa de 20 canals.

A 2.2.6. Mínims recomanats, RMC

Aquest missatge, ens informa dels valors mínims recomanats per a validar la informació que rep del GPS dels satèl·lits. L'estructura que tindrà aquest missatge és la

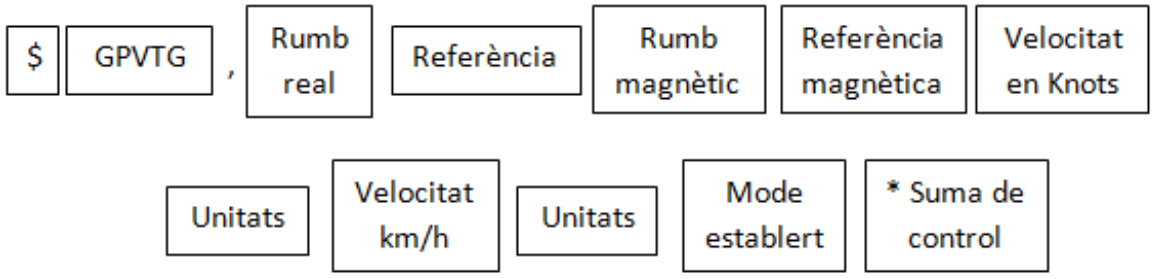
següent:



Aquests seran els mínims recomanats per el fabricant, per assegurar-se d'un bon funcionament del dispositiu. En el cas de no complir-los el dispositiu pot funcionar correctament, però no en podrem estar segurs de que així és.

A 2.2.7. Velocitat i rumb, VTG

Aquest missatge contindrà el rumb i la velocitat de navegació del dispositiu. El rumb s'informarà amb una precisió de 0,1 graus i la velocitat amb una precisió de 0,1 km/h. L'estructura d'aquest missatge és la següent:



A 2.2.8. Data i temps, ZDA

Aquesta seqüència conté la data i hora, i la informació local de la zona horària. La zona horària es presenta tal i com l'usuari l'ha configurat, per defecte és nul·la. Tant les hores com els minuts es presenten amb dos dígits cadascun, utilitzant els zeros a l'esquerra quan sigui necessari. La seva estructura serà la següent:

A 2.3. Missatges d'entrada

Mitjançant els missatges d'entrada podrem configurar el dispositiu per a que funcioni de la forma que nosaltres desitgem. S'ha de deixar com a mínim 1 segon entre l'enviament de

cada missatge i les comandes del missatge han d'estar en majúscules, sí no és així el dispositiu no reconeixerà el missatge. Disposem de 5 comandes amb funcions molt diferents.

A 2.3.1. Informació de la configuració, GETCONFIG

La funció "GETCONFIG" permet a l'usuari llegir la configuració actual del sistema. L'estructura que segueix aquesta comanda és la següent:

$ PUNV, GETCONFIG, <secció ID> * suma de control

Amb aquesta comanda podrem llegir 5 configuracions diferents, per aconseguir-ho només haurem de substituir la "secció ID" per la que ens interessa a l'estructura de la comanda anterior, a continuació es mostra la funció de cada "secció ID" possible:

Descripció	Secció ID
Llegir configuració de sortida	00
Llegir configuració de la zona horària	03
Llegir configuració Data	13
Llegir la posició Pinning	17
Nombre de versió	09

A 2.3.2. Establir la configuració,CONFIG

La comanda CONFIG, ens proporciona la possibilitat de canviar la configuració del sistema. Aquesta configuració té efecte immediat i s'emmagatzema en una zona no volàtil, per tant la configuració modificada queda guardada. El format d'aquesta comanda és el següent:

$PUNV, CONFIG, <Secció ID>, <Nombre de variable separat per comes> *suma de control

En aquest cas disposem de 4 tipus de configuracions diferents, que per seleccionar-les només ens caldrà substituir la "secció ID" per el valor de la secció desitjada:

Descripció	Secció ID
Configuració de sortida	00
Configuració de la zona horària	03
Configuració Data	13/16

Posició Pinning	17

En el cas “00” el que estem fent és establir la velocitat de bits per segon de la comunicació UART. Totes les comunicacions utilitzen 8 bits, sense paritat i 1 bit de stop. Mitjançant la màscara seleccionarem la sortida NMEA desitjada, a continuació veiem totes les possibilitats possibles:

Velocitat comunicació UART	**Màscara NMEA**
4800 = 4800 bps 9600 = 9600 bps 14400 = 14400 bps 19200 = 19200 bps 38400 = 38400 bps 57600 = 57600 bps 115200 = 115200 bps	01 = GGA 02 = GLL 04 = GSA 08 = GSV 10 = RMC 20 = VTG 40 = ZDA 80 = DTM
Per defecte: 4800	Per defecte: 1D

En el cas de la secció “03”, la zona horària podrà anar des de -11 fins a 12 mentre que la zona dels minuts només podrà ser 0, 15, 30 i 45.

A 2.3.3. STOP

Aquesta és una comanda de parada d’emergència, utilitzant aquesta comanda pararem la navegació del GPS. L’estructura d’aquesta és la següent:

$PUNV, STOP *29

A 2.3.4. SLEEP

Aquesta funció ens introdueix el GPS en una posició de repòs, per despertar-lo s’ha d’enviar una comanda per el port sèrie o bé esperar a que expiri el temps establert de repòs i automàticament es despertarà. L’estructura d’aquesta funció és la següent:

$PUNV, SLEEP *7E

A 2.3.5. Missatge d'error

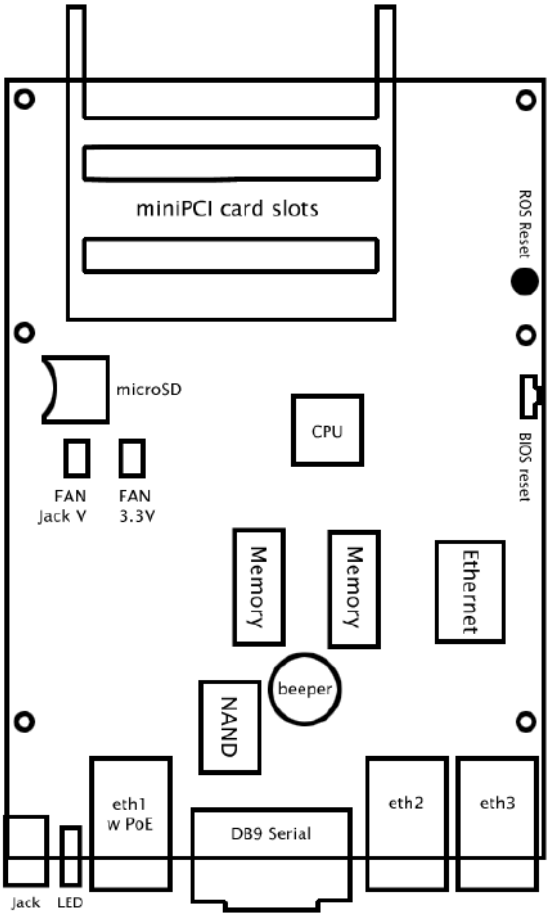
El missatge d'error s'envia en resposta d'una comanda no vàlida. El seu format és el següent:

$PUNV, ERR, ***ID***, ***ERROR***, ***DATA*** *cc

Els valors en cursiva són els que varien depenent del tipus d'error. "ID" ens indicarà la causa de l'error, "ERROR" ens indica el número d'error definit a la secció, i "DATA" és opcional ja que correspon a un error específic.

ID	ERROR	Descripció
5 (NMEA)	1	Forma de la comanda il·legal
5 (NMEA)	2	Prefix de la comanda il·legal
5 (NMEA)	3	Comanda errònia
5 (NMEA)	4	Secció ID errònia
5 (NMEA)	5	Paràmetre errònia
5 (NMEA)	6	Suma de control errònia
5 (NMEA)	7	Missatge erroni

A 3. Característiques router RB 433



	RouterBOARD 433/433AH
CPU	Atheros **AR7130** 300MHz / **AR7161** 680MHz
Memory	64/128MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	Three 10/100 Mbit/s Fast Ethernet ports supporting Auto-MDI/X
MiniPCI slot	Three MiniPCI Type IIIA/IIIB slots
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
LEDs	Power and User LED
Beeper	Present
Power	Power over Ethernet: 10..28V DC (except power over datalines) Power jack: 10..28V DC
Fan control	**Two** DC fan power output headers with rotation sensor and automatic fan switching (maximum output current - 500mA total)
Dimensions	105 mm x 150 mm (4.13 in x 5.91 in)
Weight	140 g
Temperature	Operational: -20°C to +65°C (-4°F to 149°F)
Humidity	Operational: up to 70% relative humidity (non-condensing)
Power consumption	~3W without extension cards, maximum – 25W (18W output to extension cards)

A 4. Manual instal·lació ràpida de la càmera

IQeye 4 Series™

Part of the IQeye Basic Line of Network Surveillance Products

IQeye 040S, 041S and 042S Quick Install Guide

1. Plug the IQeye camera into the network.

IQeye4 Series Cameras

2. The IQeye 040S, 041S and 042S cameras are powered via the Ethernet using an IEEE 802.3af power source.

3. IQeye 4 Series field of view and focus adjustment must be performed using a browser to view the camera image.

Insert the **IQtools CD** into the CD drive of the PC. Once the CD autostarts, you can either run IQfinder right off the CD by clicking the "Scan for IQeye cameras on my network" option or you can install IQfinder on your local machine by selecting the "Install IQfinder" option.

4. Click the "**Scan for IQeye cameras on my network**" button to find IQeye cameras.

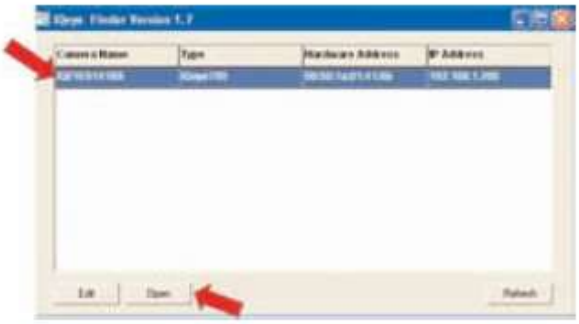
The detected cameras will be displayed in the IQfinder window.
Highlight a camera from the list and click the "**Edit**" button to edit the selected camera's IP settings.

5. The Edit window allows the Name, IP address, Subnet, and Gateway of the camera to be changed. It also allows the camera to be configured for DHCP. Click the "**Apply**" button after making the desired changes.

Note: Changing between a static IP address and DHCP will require the camera to be rebooted.

To view a camera "**Double click**" on a camera entry in the list or click the "**Open**" button. The "**Live**" page will be displayed.

Note: It's also possible to open Internet Explorer, and enter the IP address of the IQeye device in the address field of the browser.



6. To perform further configuration of the camera click on the "**Setup**" tab.

*Note: The default username is "**root**" and the default password is "**system**".*

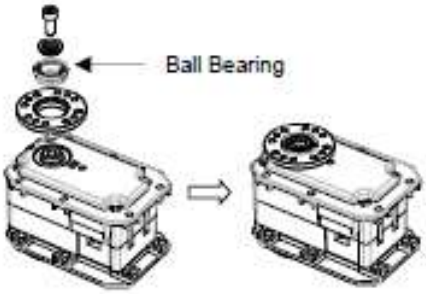
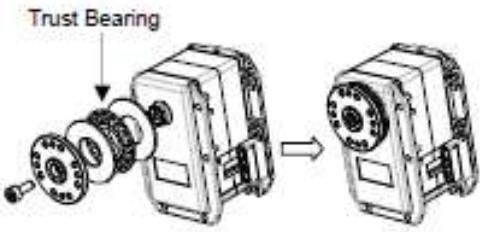
For further information see the IQeye documentation on the installation CD or at http://www.iqeye.com.

A 5. Manual del motor RX-64

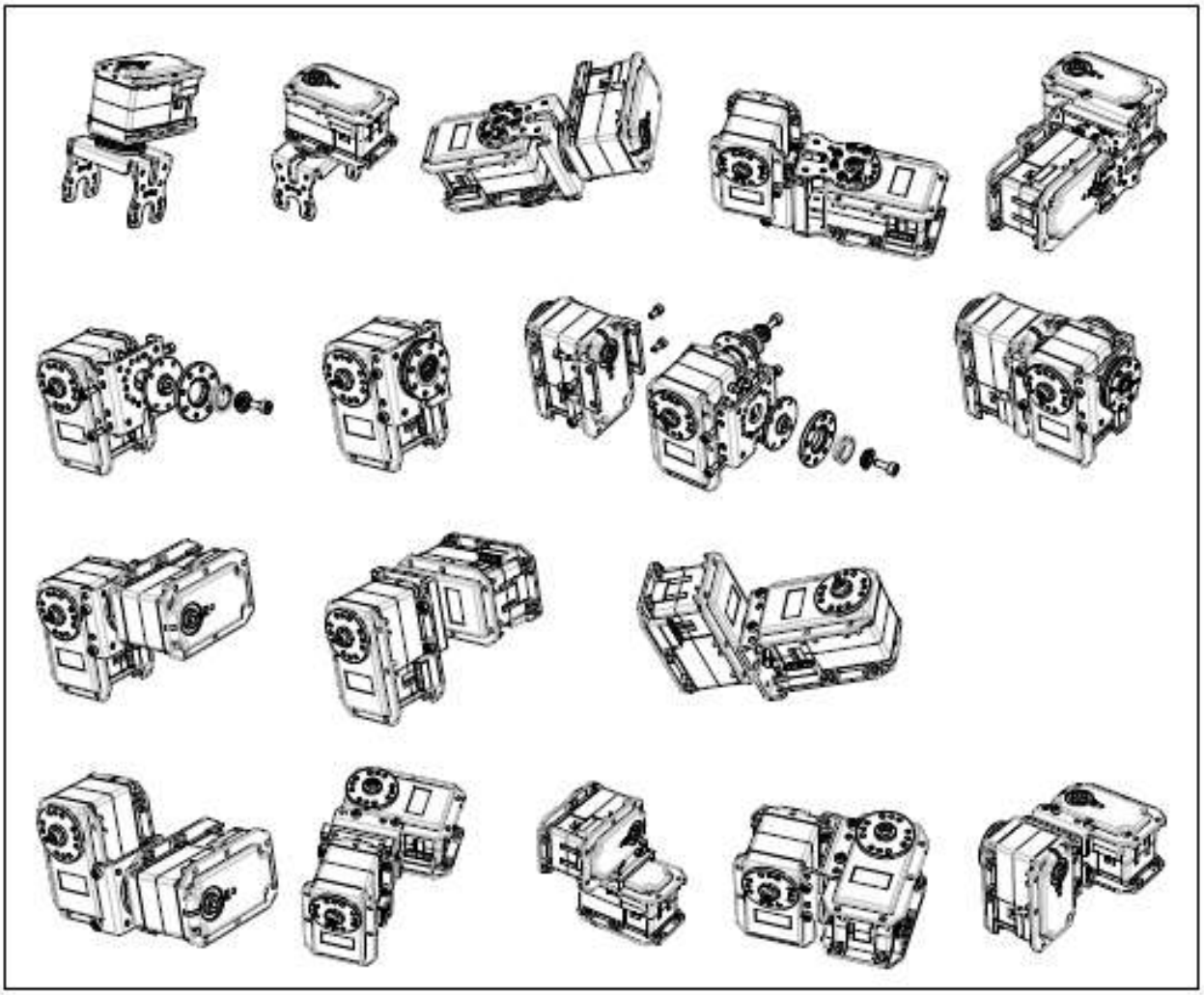
	RX-64	
Weight (g)	125	
Dimension (mm)	40.2 x 61.1 x 41.0	
Gear Reduction Ratio	1/200	
Applied Voltage (V)	at 15V	at 18V
Final Reduction Stopping Torque (kgf.cm)	64.4	77.2
Speed (Sec/60 degrees)	0.188	0.157

Resolution	0.29°
Running Degree	300°, Endless Turn
Voltage	12V~21V (Recommended voltage: 18V)
Max Current	1200mA
Running Temperature	-5℃ ~ +85℃
Command Signal	Digital Packet
Protocol	RS485 Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop, No Parity)
Link (Physical)	RS485 Multi Drop Bus
ID	254 ID (0~253)
Communication Speed	7343bps ~ 1 Mbps
Sensing & Measuring	Position, Temperature, Load, Input Voltage, etc.
Material Quality	Full Metal Gear, Engineering Plastic Body
Motor	Maxon RE-MAX
Standby Current	50 mA

Horn RX-64 has the following kinds of Horns.

Horn-64N	Horn-64I	Horn-64T
Basic Supply		

Device Combination The below picture shows examples of combinations by using optional frames and horns.



2-2. Assembling Connector

Connector is assembled in the following order.

1) Striping

Peel the coating of cable to the extent of 5mm approx.

2) Inserting

Put the cable on the terminal like the left picture.

3) Forming

Press the cable and terminal by using Wire Former.

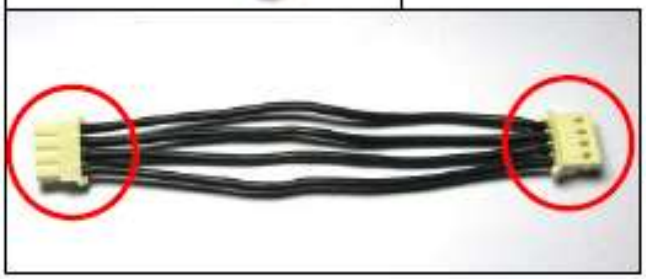
4) Formed Wire

Combine the terminal to the cable tightly like the left picture. Solder the terminal and cable after Forming to get the more solid combination.

5) Assembling

Insert the terminal into 4P Molex connector.

6) Complete



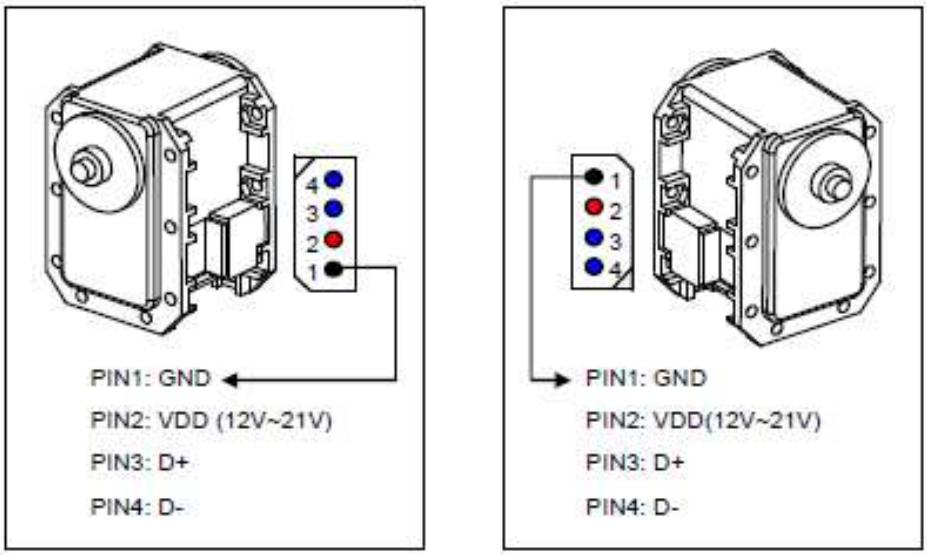
When inserting the terminal, be careful with the direction of the Molex connector.

Terminals should be inserted in the same way as the left picture

Wiring

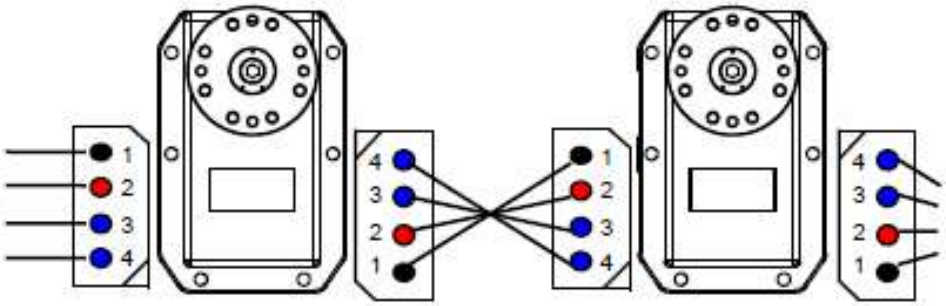
Pin Assignment

The pin assignment of a connector is as shown below. RX-64 can be run by linking with any one of two 4P connectors of RX-64 since they are connected Pin2Pin internally.



Wiring

Wiring should be done Pin2Pin as shown below. By connecting as such, several RX-64s can be controlled on a BUS.



Please pay special attention to avoid incorrect pin assignments in wiring. Otherwise, RX-64 may be damaged.